

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

До захисту допущено:

В.о.завідувача кафедри

_____ Олександр ОХРИМЕНКО

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Інструментальні системи та
технології формоутворення деталей»**

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

на тему: «Фреза черв'ячна для оброблення деталі зірочка»

Виконав:

студент III курсу, групи МІ-п71

Ковальчук Дмитро Миколайович

Керівник:

кандидат технічних наук, доцент,

Мініцька Наталія Валентинівна

Рецензент:

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2020 року

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Фреза черв'ячна для оброблення деталі
зірочка»

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Інструментальні системи та технології формоутворення деталей»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

_____ Олександр ОХРИМЕНКО

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Ковальчуку Дмитру Миколайовичу

1. Тема проєкту «Фреза черв'ячна для оброблення деталі зірочка», керівник проєкту Мініцька Наталія Валентинівна, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом по університету від «___» _____ 2020 р. № _____
2. Термін подання студентом проєкту 10.06.2020 р. _____
3. Вихідні дані до проєкту
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз методів обробки деталі зірочка, профілювання черв'ячної фрези, технологія процесу виготовлення черв'ячної фрези, проектування технологічної операції з ЧПК, проектування технологічного пристосування, поновлення працездатності інструменту.
5. Перелік графічного матеріалу: зірочка, аналіз методів металообробки зірочки, профілювання черв'ячної фрези, черв'ячна фреза, графічне зображення технологічних операцій 005,020,080, проектування технологічної операції з ЧПК, пристосування для правки круга під кутом.
6. Дата видачі завдання 10.04.2020 р. _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
	Аналіз методів обробки деталі зірочка	20.04.2020	
	Профілювання черв'ячної фрези	1.05.2020	
	Технологія процесу виготовлення черв'ячної фрези	10.05.2020	
	Проектування технологічної операції з ЧПК	20.05.2020	
	Проектування технологічного пристосування	1.06.2020	
	Поновлення працездатності інструменту.	10.06.2020	

Студент

Дмитро КОВАЛЬЧУК

Керівник

Наталія МІНІЦЬКА

Затверджую
Охріменко О.А.
Від «___» _____ 2020р.

Технічне завдання до проекту	
Тема проекту	Фреза черв'ячна для оброблення зірочки
Зміст проекту	Розробити фрезу для обробки зірочки
Технічні умови до проекту	<ol style="list-style-type: none">1. Матеріал деталі – Сталь 40Х.2. Параметри деталі:<ul style="list-style-type: none">- кількість зубів $z = 63$;- крок $t = 15,875$ мм ;- профіль зуба - без зміщення ;- клас точності – В .3. Черв'ячна фреза – цільна.4. Кріплення різального інструмента – на оправці.5. Підведення охолоджуючої рідини зовнішнє.
Особливі вимоги	Досягнення точності оброблюваної поверхні

ЛИСТ	ЗМІСТ ІЛЮСТАТИВНОГО МАТЕРІАЛУ
СП	Аналіз металообробки зірочки
ОП	1. Профілювання черв'ячної фрези 2. Креслення черв'ячної фрези
ТС	Графічне зображення технологічних операцій: - свердління отвору - розточування отвору - протягування шпонкового пазу - шліфування отвору
СК	Технологічне пристосування
СП	Розробка керуючої програми
НУ	

Прийняті позначення:

СП – стан питання.

КС – конструкторська складова.

ОП – об'єкт проектування.

СС – спеціальна складова.

ТС – технологічна складова.

ДС – дослідницька складова.

АНОТАЦІЯ

Метою виконання дипломного проекту послужила черв'ячна фреза для обробки деталі зірочка. Головним завданням було визначення та створення різального профілю інструменту, який би забезпечив усі необхідні параметри, розробка технологічного процесу для виготовлення черв'ячної фрези, його автоматизації за допомогою сучасних верстатів з ЧПК, розробка програми керування та технологічного пристосування.

До дипломного проекту входить:

- аналіз методів обробки деталі зірочка;
- профілювання черв'ячної фрези;
- технологія процесу виготовлення черв'ячної фрези;
- проектування технологічної операції з ЧПК;
- проектування технологічного пристосування;
- поновлення працездатності інструменту.

Ключові слова – зірочка, черв'ячна фреза, фреза, зуб, колесо, ланцюг, профіль, деталь, розмір, метод, кут, інструмент, верстат, ЧПК, отвір, режими, глибина, подача, частота, швидкість, потужність, різання, матеріал, контроль, круг, коефіцієнт, час, рисунок, таблиця, формула.

Мова – uk

ANNOTATION

The purpose of the diploma project was a worm cutter to process the star part. The main task was to determine and create a cutting profile of the tool that would provide all the necessary parameters, development of the technological process for the manufacture of worm cutters, its automation with modern CNC machines, development of control programs and technological devices.

The diploma project includes:

- analysis of methods of processing of an asterisk detail;
- profiling of a worm mill;
- technology of the process of making a worm cutter;
- design of technological operation with CNC;
- design of technological device;
- tool upgrade.

Keywords - sprocket, worm cutter, cutter, tooth, wheel, chain, profile, detail, size, method, angle, tool, machine, CNC, hole, modes, depth, feed, frequency, speed, power, cutting, material, control, circle, coefficient, time, figure, table, formula

Language - en

ЗМІСТ

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ЗІРОЧКА	7
1.1 Аналіз зірочки	7
1.2 Методи виготовлення зірочки.....	9
2 ПРОФІЛЮВАННЯ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ФРЕЗИ	15
2.1 Радіус початкового кола	15
2.2 Профілювання.....	15
2.2.1 Метод послідовних положень.....	16
2.3 Конструктивні параметри фрези	23
3 ТЕХНОЛОГІЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ФРЕЗИ	29
3.1 Матеріал заготовки.....	29
3.2 Вибір маршруту виготовлення черв'ячної фрези.....	30
3.3 Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом	41
3.4 Розрахунок режимів різання	44
3.4.1 Режими різання переходу I	44
3.4.2 Режими різання переходу II	49
3.4.3 Режими різання переходу III	55
3.4.4 Режими різання переходу IV	58
4 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ З ЧПК	61
4.1 Технічний опис верстата FBL-300L	61
4.2 Керуюча програма	63
4.2.1 Перехід №1	63
4.2.2 Перехід №2	68
4.2.3 Перехід №3	69
4.2.4 Перехід №4	70
4.2.5 Перехід №5	71
4.2.6 Перехід №6	73
4.2.6 Перехід №7	74
4.2.8 Перехід №8	76
5 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРИСТОСУВАННЯ	78
6 ПОНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ІНСТРУМЕНТУ	81

ВИСНОВКИ	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	86
ДОДАТКИ	87

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ЗІРОЧКА

1.1 Аналіз зірочки

Зірочка — деталь ланцюгової передачі або іншого механізму у вигляді профільованого колеса із зубами, які входять у зачеплення з приводним ланцюгом, гусеницею або з іншими об'єктом, що охоплює її по периметру. [1]

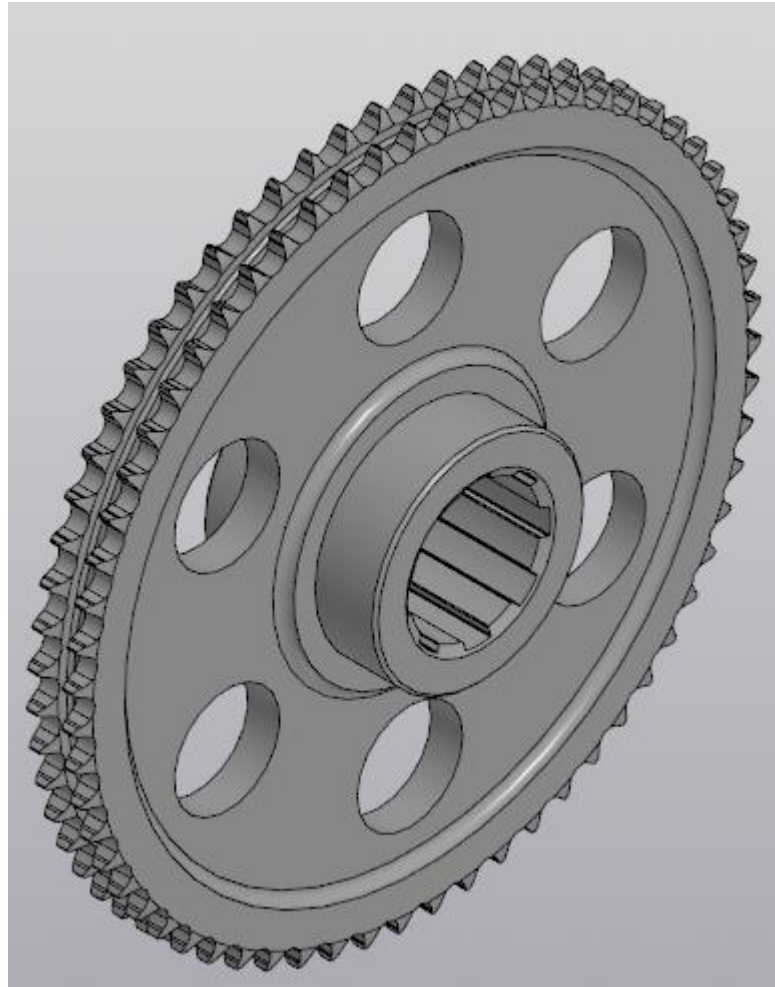


Рисунок 1.1 – 3D модель зірочки

Ланцюгова передача — механізм у вигляді замкнутого ланцюга, що рухається по зубчастих колесах (зірочках), закріплених на паралельних валах, передаючи обертовий рух між цими валами. [2]



Рисунок 1.2 – Ланцюгова передача [2]

Ланцюгові передачі порівняно з іншими механічними передачами мають такі основні переваги:

- можливість використання при значних відстанях (до 8 м) між валами;
- менші, ніж в пасових передачах, поперечні навантаження на вали;
- достатньо високий ККД (до 0,98);
- можливість передавання обертового руху одним ланцюгом декільком валам, у тому числі і з протилежним напрямом обертання. [2]

Принцип зачеплення, а також вища міцність ланцюга в порівнянні з приводним пасом пасової передачі дозволяє ланцюговій передачі, за інших однакових умов, передавати значно більші потужності. Зачеплення ланцюга з зірочками виключає пробуксовку ланцюга, що забезпечує стале передавальне число передачі. [2]

До недоліків ланцюгових передач належать такі:

- збільшення довжини ланцюга через зношення шарнірних з'єднань і відповідне ослаблення натягу;

- нерівномірність руху ланцюга і пов'язані з цим динамічні явища у передачі та підвищений шум;
- низька кінематична точність при реверсуванні;
- потреба застосування додаткових пристроїв для регулювання натягу ланцюга. [2]

По призначенню ланцюги класифікують:

- приводні ланцюги;
- тягові ланцюги;
- вантажні ланцюги.

У деяких механізмах вантажопідйомні ланцюга, наприклад, ланцюгова таль з ручним приводом, грають роль приводних ланцюгів. [2]

1.2 Методи виготовлення зірочки

Зірочка, як деталь, що подібна на зубчасте колесо але з іншим профілем зубів, може механічно оброблюватись так само, як і зубчасте колесо, двома методами, такими як метод обкатування та метод копіювання. Розглянемо більш детально ці два методи.

Метод копіювання полягає в тому, що профіль западин між зубцями є копією профілю різальних кромок інструмента, за допомогою якого утворюються западини. До таких інструментів належать пальцеві (рис.1.3) і дискові фрези (рис.1.4). [3]

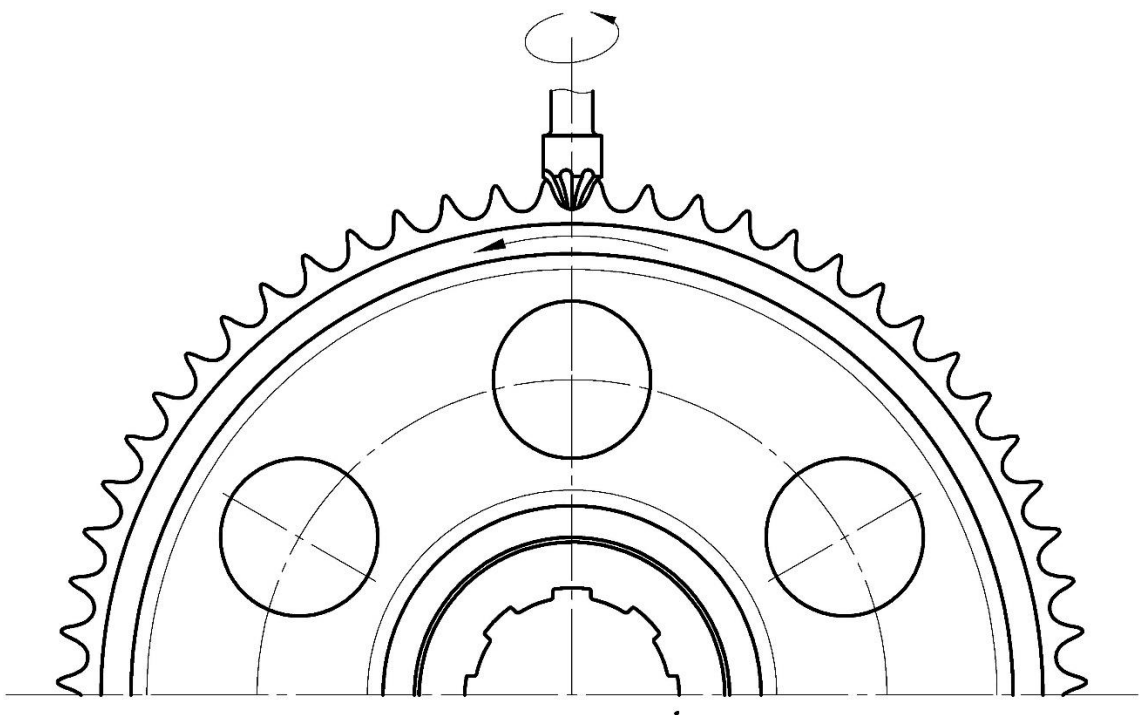


Рисунок 1.3 – Нарізання зубів пальцевою фрезою

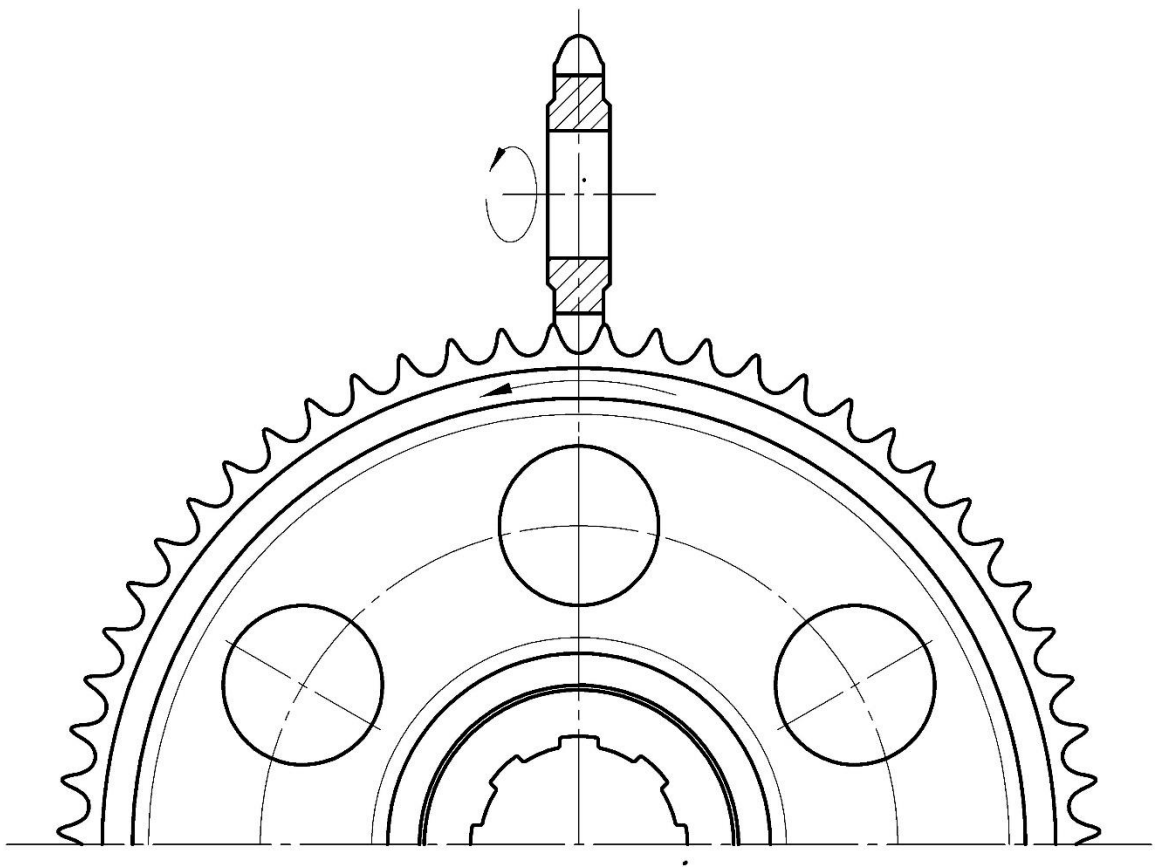


Рисунок 1.4 – Нарізання зубів дисковою фрезою

Переваги методу копіювання:

- є можливість простого модифікування зуба вздовж профілю зуба так і вздовж лінії при нарізанні зубчатих коліс;
- виконується на горизонтально-універсальних та вертикально-фрезерних верстатах, що не потребує додаткових пристроїв;
- доцільно використовується в одиничному або мало-серійному типі виробництва;

Недоліки методу копіювання:

- є невисока продуктивність та невисока точність нарізання зубчастих коліс тому , що западини нарізаються послідовно і після кожного окремо нарізання западини, здійснюється ділення на зуб.

Метод обкатування полягає в тому, що під час нарізання зубців відтворюється один з видів зачеплення зубчастих пар (двох зубчастих коліс, черв'ячного колеса і черв'яка або зубчастого колеса і рейки), при цьому один з елементів зубчастої пари виступає заготовкою зубчастого колеса, а інший - інструментом. Метод обкатування реалізується за допомогою черв'ячних фрез (рис.1.5), зуборізна рейка (гребінка) (рис.1.6), довбачів (рис.1.7). [3]

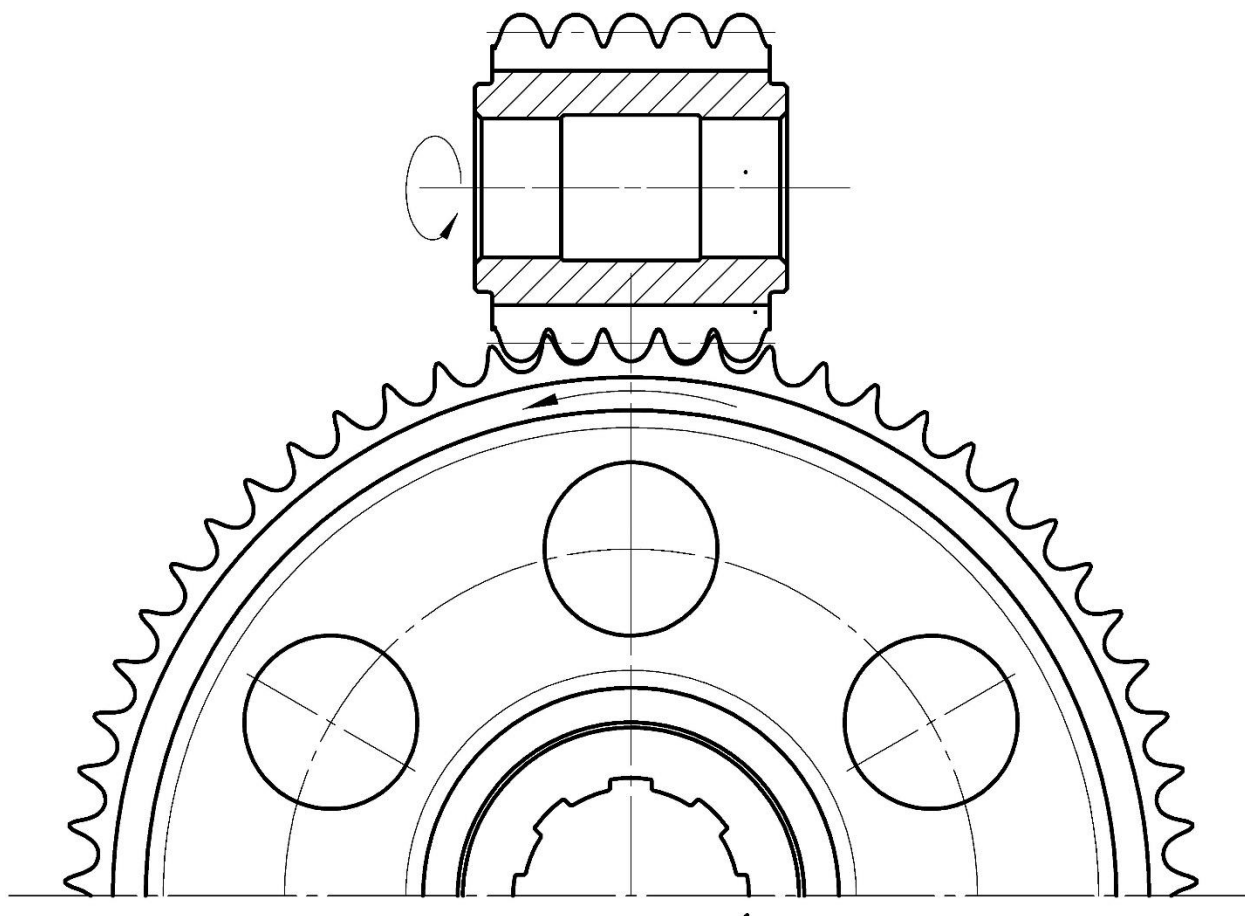


Рисунок 1.5 – Нарізання зубів черв'ячною фрезою

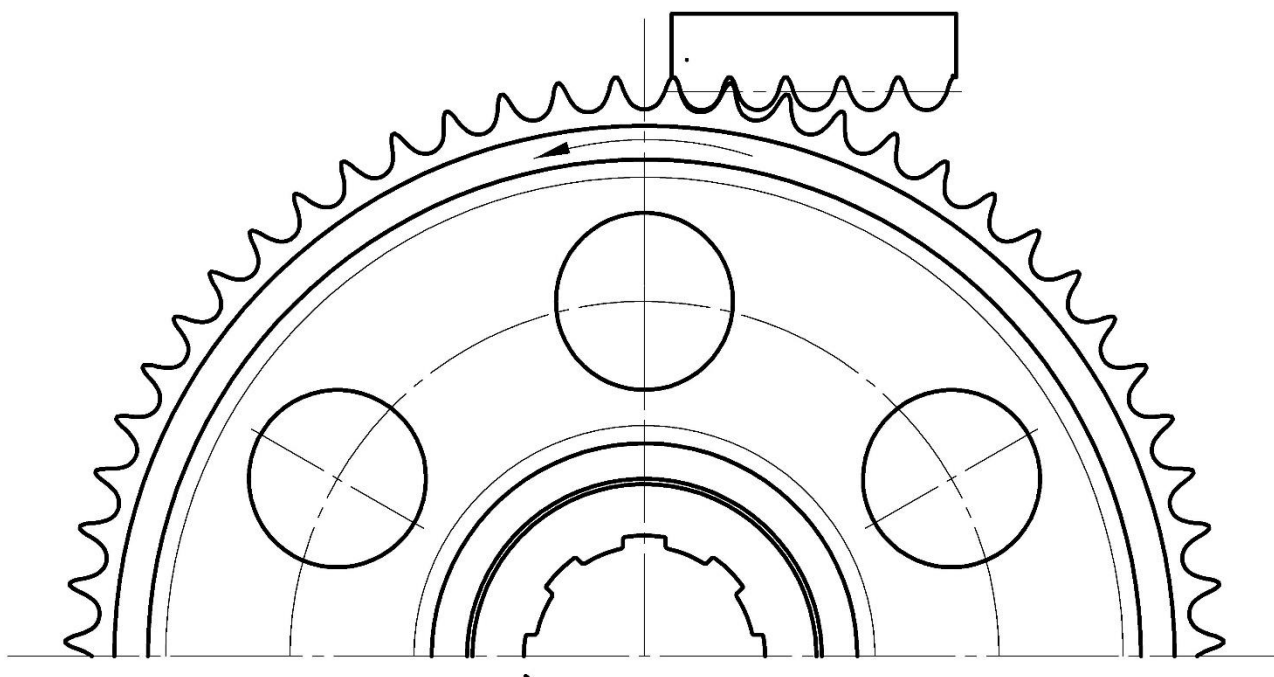


Рисунок 1.6 – Нарізання зубів рейкою (гребінкою)

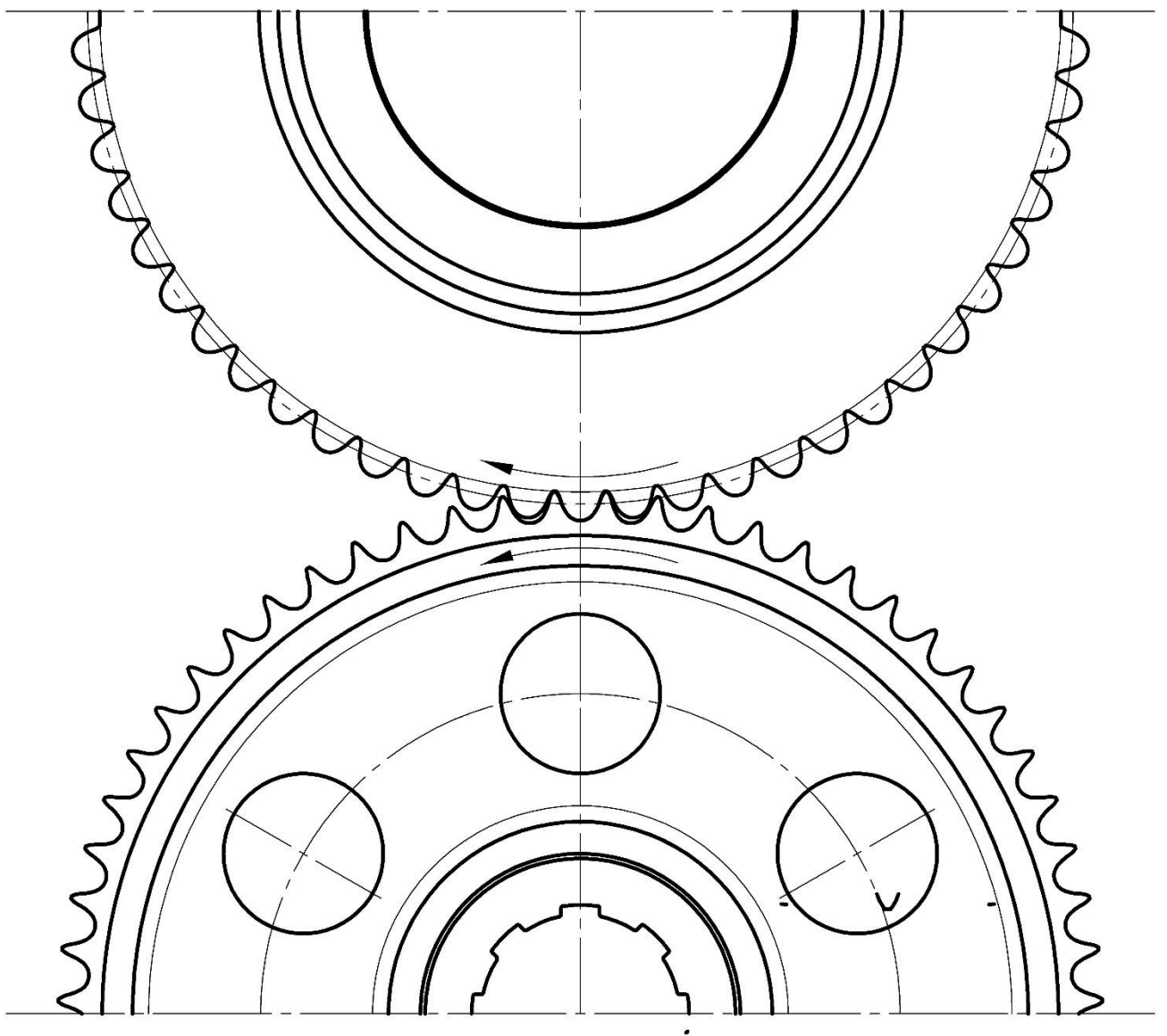


Рисунок 1.7 – Нарізання зубів зуборізним довбачем

Переваги методу обкату:

- одним інструментом можна обробити колеса одного модуля з різною кількістю зубців;
- висока продуктивність та забезпечення високої точності;
- доцільно використовується у масовому типі виробництва.

Недоліки методу обкату:

- є складність наладки для модифікування нарізаємого зуба та не висока продуктивність при нарізанні маленької кількості зубів.

Проаналізувавши найпопулярніші методи обробки зірочки, оцінивши їх переваги та недоліки було прийняте рішення, що доцільніше обробляти задану зірочку методом обкатки, за допомогою черв'ячної фрези, тому що метод обкатки для заданої зірочки, буде продуктивніше та точніше ніж метод копіювання.

2 ПРОФІЛЮВАННЯ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ФРЕЗИ

Розробка черв'ячної фрези для деталей будь-якого профілю виконується у такій послідовності:

- визначення радіусу початкового кола, що пов'язане з відомим профілем деталі;
- профілювання, результатом якого є профіль різальних кромek інструмента;
- розрахунок конструктивних параметрів фрези;
- оформлення креслень. [4,с.5].

2.1 Радіус початкового кола

Для визначення радіусу початкового кола скористаємось тим, що черв'ячна фреза працює методом обкатки і входить в зачеплення з зірочкою, тому ми можемо взяти ділильний діаметр окружності зірочки $D_d = 318,48$ мм , тоді радіус початкового кола $R_{п.к} = 159,24$ мм.

2.2 Профілювання

Основні методи профілювання черв'ячних фрези

- графічний ;
- графоаналітичний ;
- аналітичний.

Скористаємось графічним методом профілювання, а саме медотом послідовних положень, за допомогою якого, вирішується дві задачі (пряма і зворотня) .

2.2.1 Метод послідовних положень

Розглянемо найбільш класичний метод профілювання – метод послідовних положень. Зміст цього методу полягає в тому, що відомий профіль у процесі профілювання займає ряд послідовних положень. Огинаюча до яких і буде шуканим профілем. [4,с.8]

Загальна похибка визначення огинаючої буде тим менша, чим менший крок між послідовними положеннями відомого профілю. Вважається доцільним приймати таку кількість дискретних положень, яка забезпечує повну побудову шуканого профіля за 20...25 переходів на один геометрично закінчений елемент (зуб, канавка, виступ, западина профіля). Відповідно до цього і треба вибирати дискретність послідовних положень відомого профілю. [4,с.8]

Пряма задача. При вирішенні прямої задачі профілювання відомим є профіль деталі, а шуканим - профіль інструмента. Виготовимо два шаблони – шаблон відомого профілю та шаблон на якому виконаємо графічну побудову.

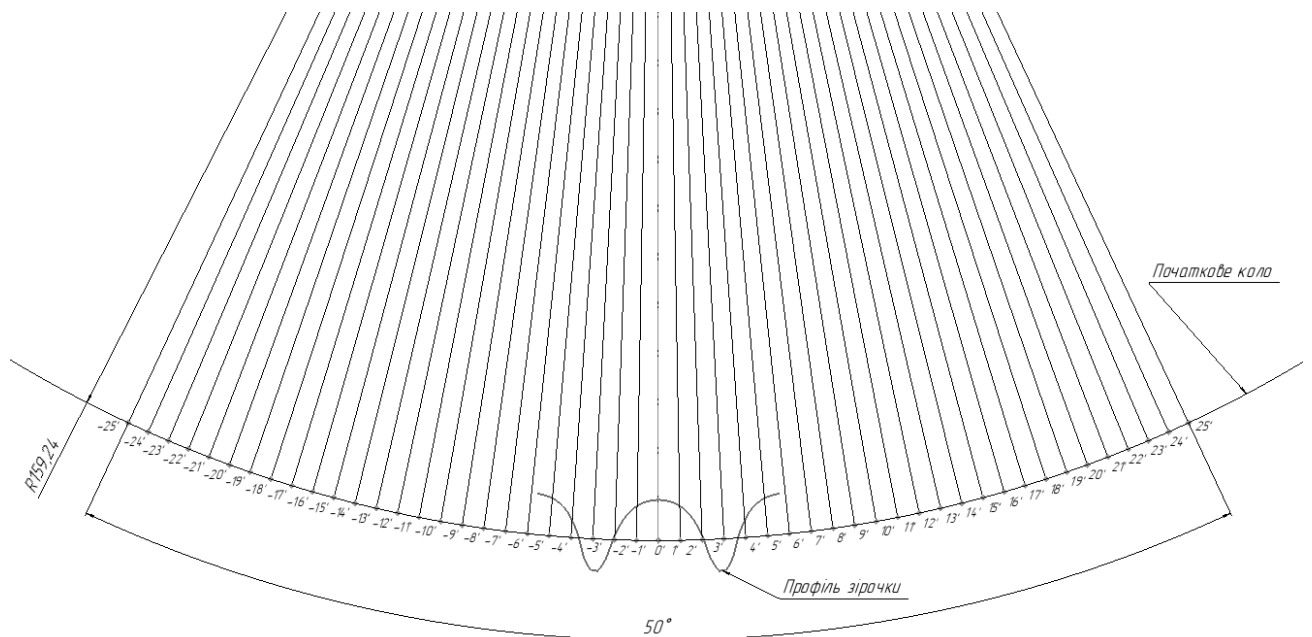


Рисунок 2.1 – Шаблон профілю деталі

Послідовність побудов шаблону профіля деталі така:

- приймаємо масштаб графічних побудов 5:1;
- викреслимо початкове коло $R_{п.к} = 159,24$ мм.;
- викреслимо частину відомого профілю, а саме впадину і зуб зірочки;
- поділимо початкове коло $R_{п.к}$ на рівні відрізки, а саме на 25 в одну сторону профілю і 25 в іншу, з кроком 2,7792 мм.;
- пронумеруємо усі відрізки [4,с.9-10].

Послідовність побудов шаблону для побудов (рис.2.2) така:

- проведемо горизонтальну лінію прийнявши її за початкову пряму;
- поділимо початкову пряму на рівні відрізки, а саме на 50, з кроком 2,7792 мм.;
- провести перпендикуляри до початкової прямої;
- на відстані, що дорівнює $R_{п.к}$ від початкової прямої провести тонку лінію центрів $O-O$ паралельну до початкової прямої [4,с.10-11].

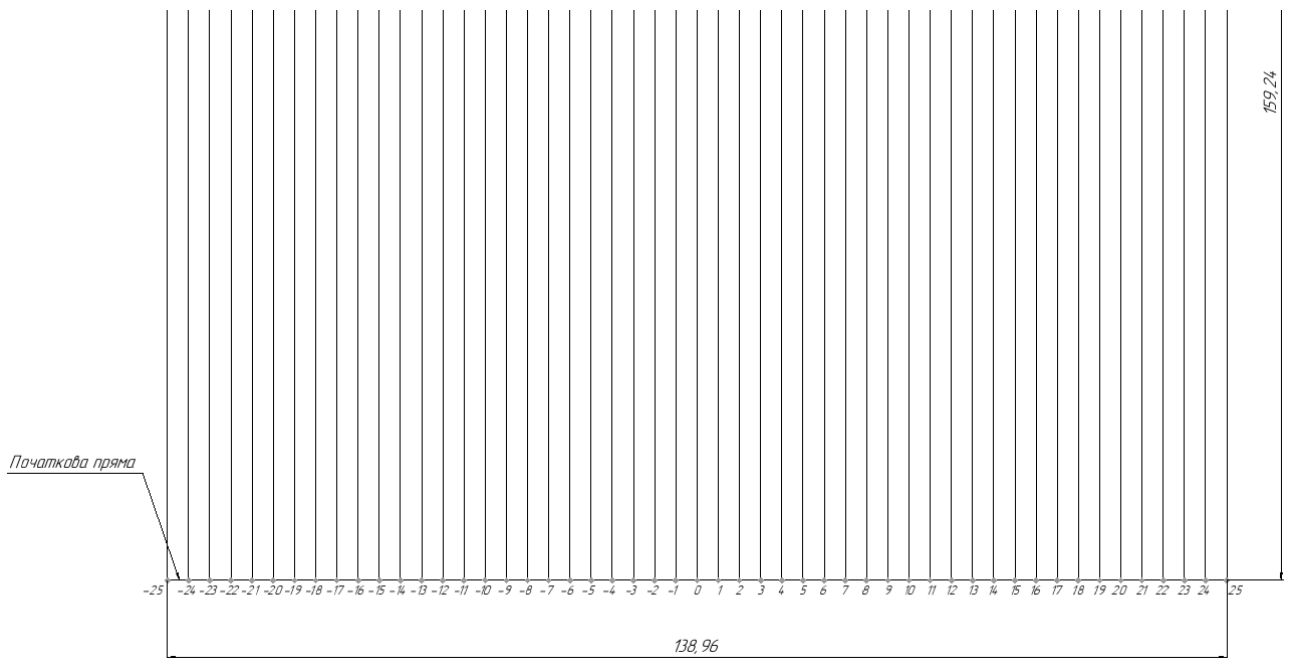
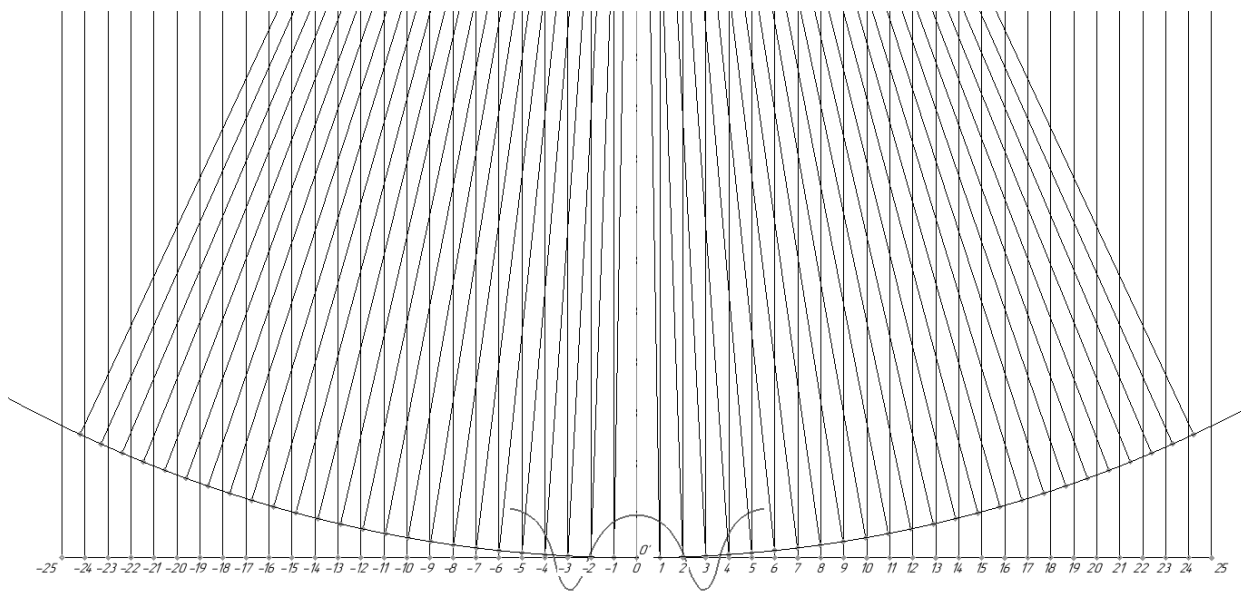


Рисунок 2.2 – Шаблон побудов

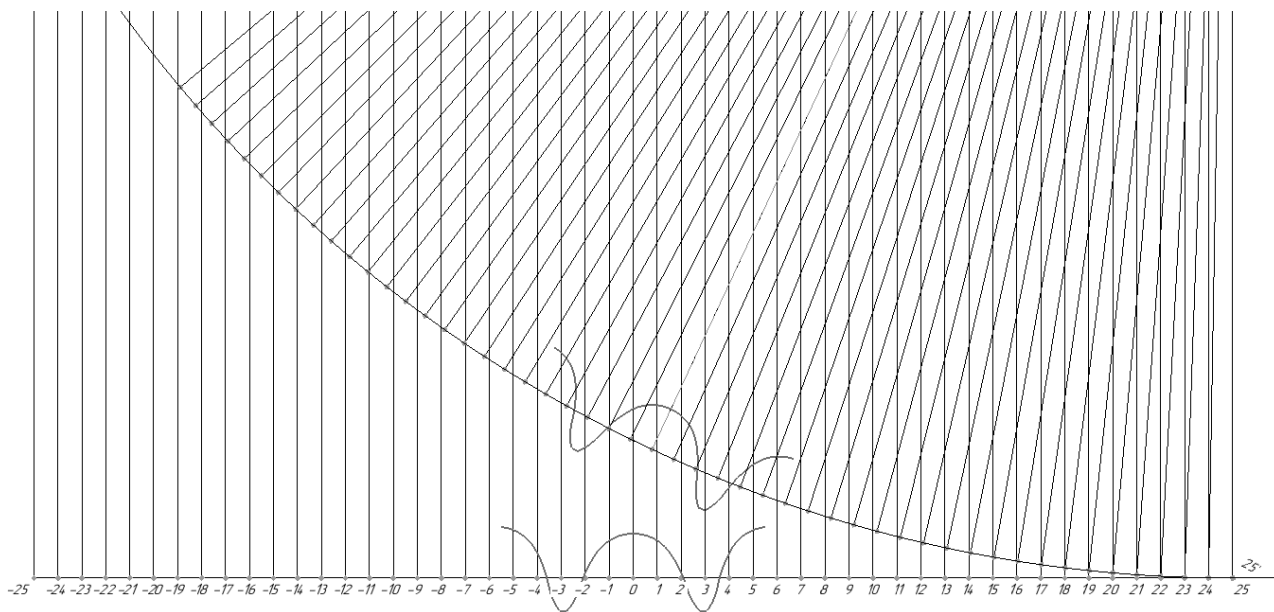
Профілювання. Усі подальші побудови виконуємо на шаблоні побудов у наступній послідовності:

- накладемо шаблон відомого профілю деталі на шаблон побудов (рис.2.3, а) та сумістимо точку 0' шаблону деталі з точкою 0 шаблону побудов [4,с.11];
- скопіюємо шаблон профілю деталі в точці 25' та повернемо його на кут різниці між відрізками 25' та 0', вставимо профіль в точці 25 на початковій прямій відповідно (рис.2.3, б);
- виконуємо ці дії від 24' до 1', щоб знову не повторювати дії з від'ємними точками, можемо спростити задачу, а саме, так як профіль симетричний то скористуємось симетрією, виділивши усі отримані профілі додатніх точок та відзеркалимо їх.

Результатом дій буде графічна сукупність кривих (рис. 2.4) на якому товстою лінією позначено початкове положення профілю деталі. Огинаючи до послідовних положень і є профіль черв'ячної фрези для утворення заданого профіля зірочки [4,с.11].



a)



б)

Рисунок 2.3 – Послідовність побудов

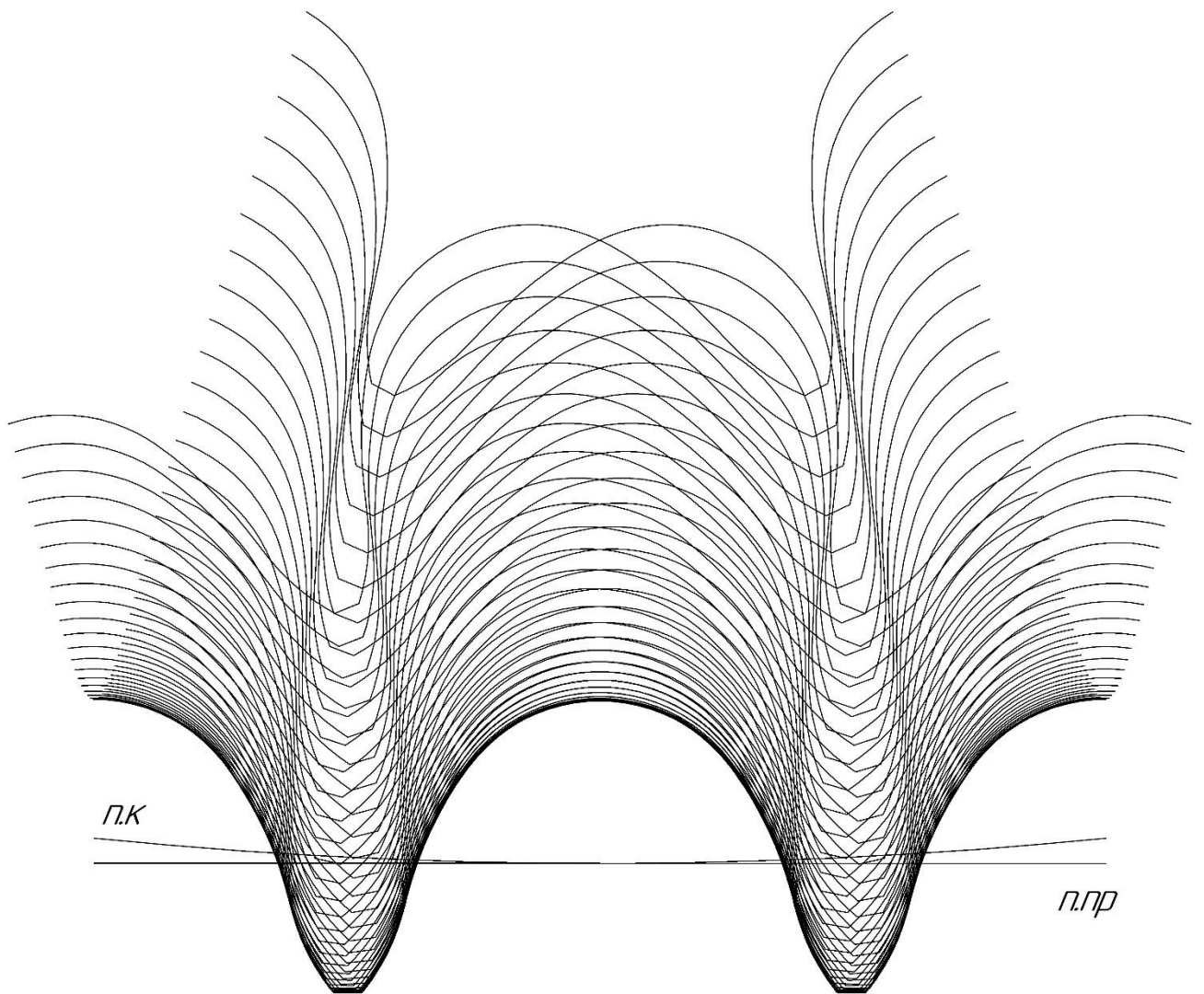


Рисунок 2.4 – Результати профілювання прямої задачі

п.к – початкове коло; *п.пр* – початкова пряма.

Зворотня задача. Метою зворотної задачі є визначення профілю деталі, яка буде утворена відомим інструментом. Послідовність графічного вирішення зворотної задачі:

- приймаємо масштаб графічних побудов 5:1;
- викреслимо початкове коло $R_{п.к} = 159,24$ мм.;
- викреслимо частину відомого профілю, а саме зуб фрези;

- поділимо початкове коло $R_{п.к}$ на рівні відрізки, а саме на 25 в одну сторону профілю і 25 в іншу, з кроком 2,7792 мм.;
- пронумеруємо усі відрізки (рис.2.5);
- накладемо шаблон відомого профілю фрези на шаблон побудов (рис.2.6, а) та сумістимо точку 0' шаблону деталі з точкою 0 шаблону побудов [4,с.11];
- скопіюємо шаблон профілю деталі в точці 25' та вставимо профіль в точці 25 на початковій прямій відповідно, після чого повернемо його на кут різниці між відрізками 25' та 0' (рис.2.6, б);
- виконуємо ці дії від 24' до 1', щоб знову не повторювати дії з від'ємними точками, можемо спростити задачу, а саме, так як профіль симетричний то скористуємось симетрією, виділивши усі отримані профілі додатніх точок та відзеркалимо їх.

Результатом дій буде графічна сукупність кривих (рис.2.7) на якому позначено початкове положення профілю фрези. Огинаючи до послідовних положень і є профіль зірочки, при заданому профілю черв'ячної фрези .

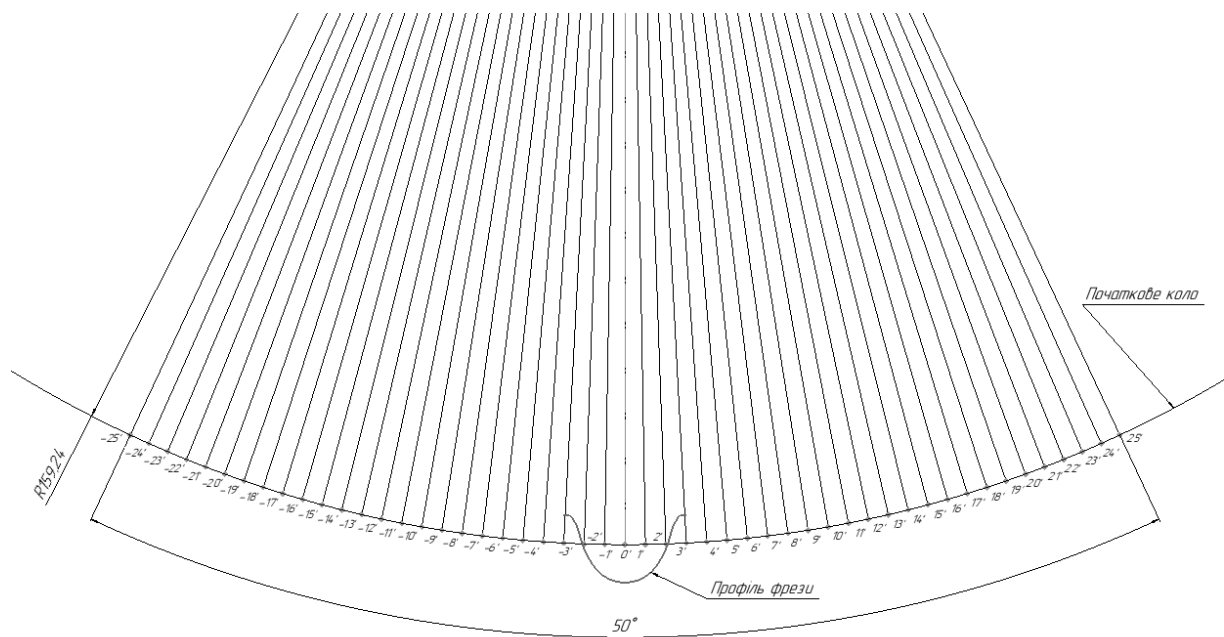
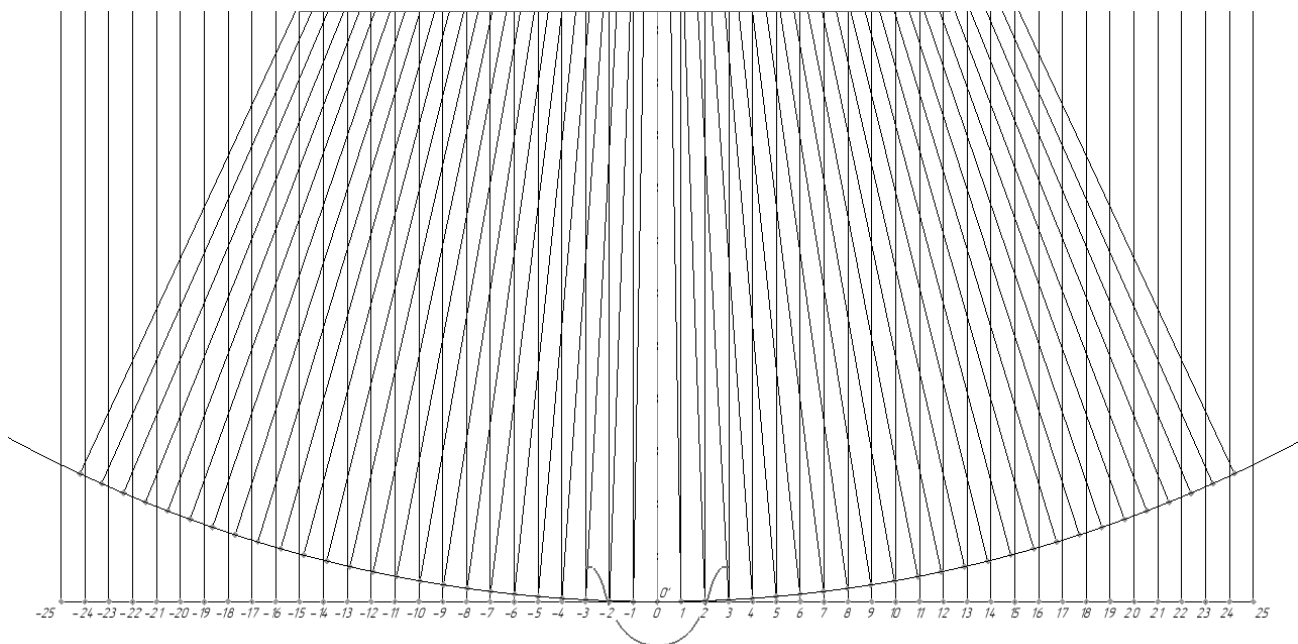
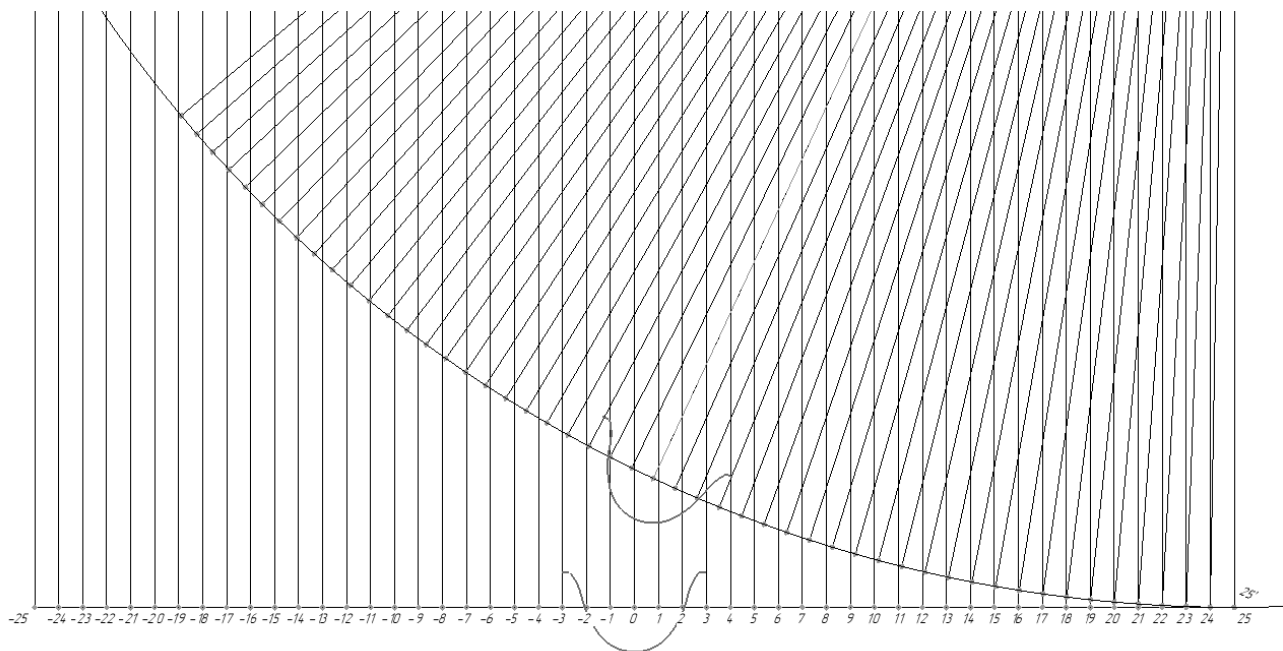


Рисунок 2.5 – Шаблон профілю інструмента



а)



б)

Рисунок 2.6 – Послідовність побудов

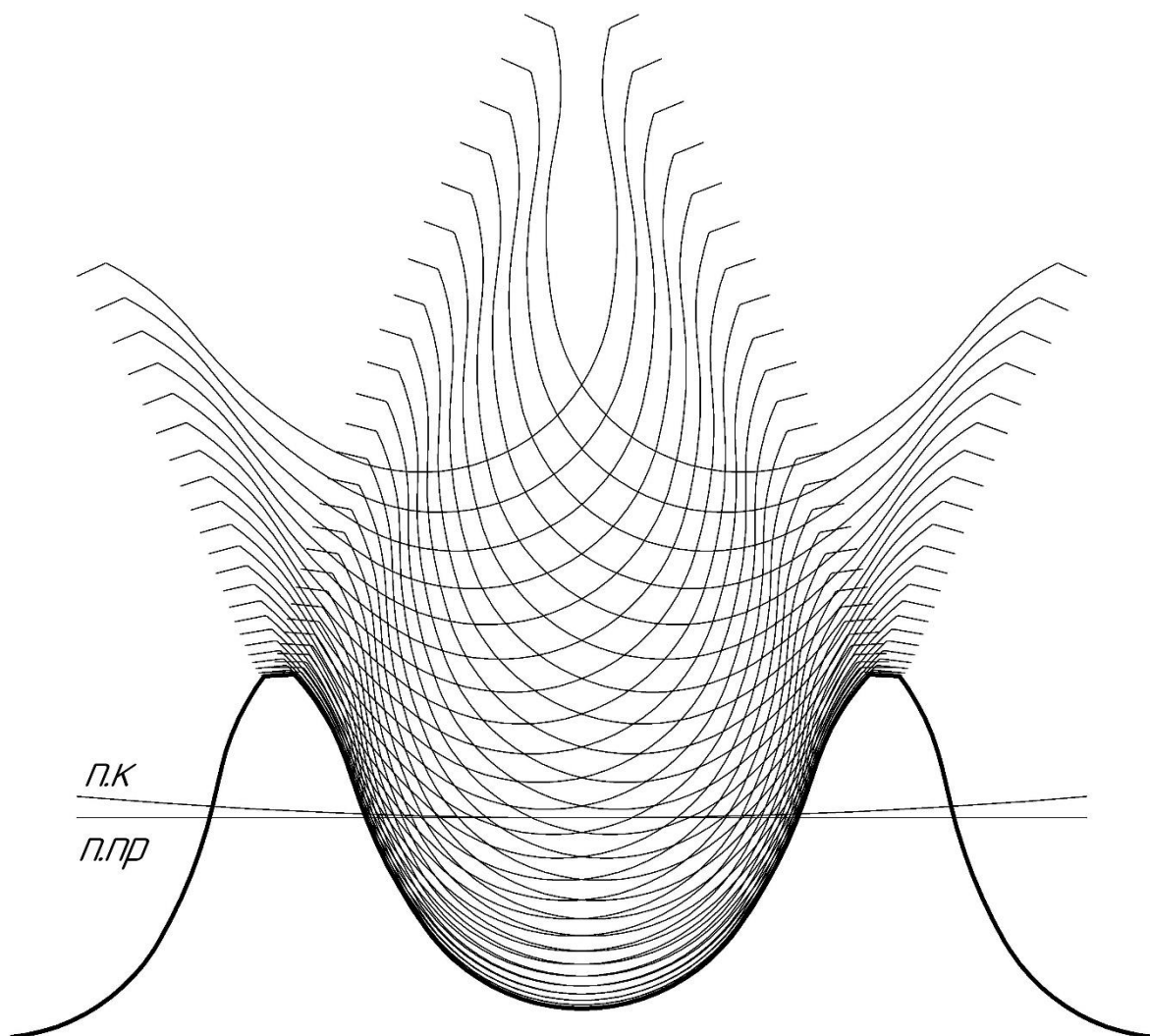


Рисунок 2.7 – Результати профілювання зворотної задачі

п.к – початкове коло; *п.пр* – початкова пряма.

2.3 Конструктивні параметри фрези

Вихідні дані які отримано після профілювання: $P_n = 15,861$ мм. – крок зуба по нормалі, $h_{a0} = 5,155$ мм. - висота головки зуба, $h_{f0} = 4,023$ мм. – висота ніжки зуба, $S_n = 11,553$ мм. – товщина зуба по нормалі.

Розрахунок будемо виконувати за [5]

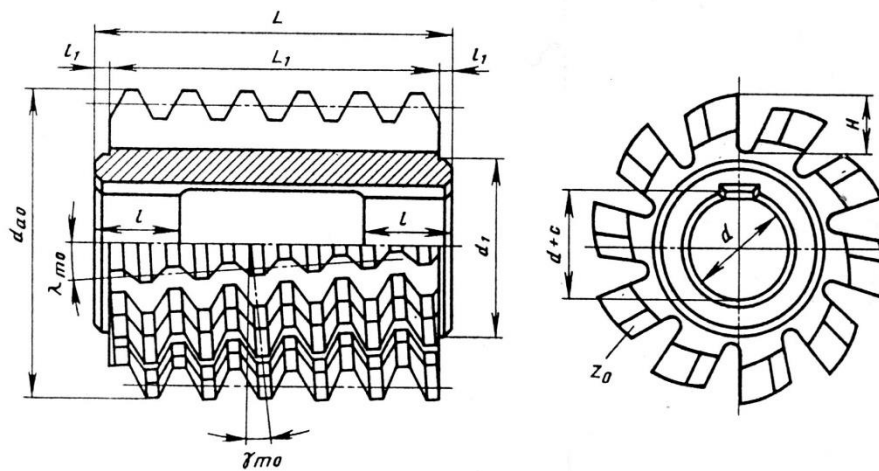


Рисунок 2.8 – Конструктивні та геометричні параметри фрези [5]

Знайдемо загальну висоту зуба фрези

$$h_0 = h_{a0} + h_{f0} \quad (2.1)$$

$$h_0 = 9,178 \text{ мм}$$

Знайдемо для початку модуль, за допомогою співвідношення модуля до кроку зуба по нормалі

$$m = m_n = \frac{P_n}{\pi} \quad (2.2)$$

$$m = m_n = 5,05 \text{ мм}$$

Приймаємо зовнішній діаметр фрези, за [5, табл.5.3] для $m = 5 \text{ мм}$.

$$d_{a0} = 100 \text{ мм.}$$

Знайдемо кількість зубів фрези

$$z_0 = 1,3 \cdot \frac{360^\circ}{\varphi} \quad (2.3)$$

де, φ – кут контакту фрези с заготовкой, град

$$\varphi \approx \arccos \frac{d_{a0} - 2h_0}{d_{a0}} \quad (2.4)$$

$$\varphi \approx 35,27^\circ$$

$$z_0 = 13,27$$

Отримане значення z_0 заокруглюємо до цілого числа. З метою поліпшення контролю зовнішнього діаметра фрези, рекомендується приймати парну кількість зубів. Приймаємо парну кількість зубів $z_0 = 14$.

Розрахуємо величину затилування зубів фрези

$$K = \frac{\pi d_{a0}}{z_0} \operatorname{tg} \alpha_{a0} \quad (2.5)$$

де, α_{a0} – величина заднього кута при вершині зуба фрези, приймається в межах $9 \dots 12^\circ$. Приймаємо $\alpha_{a0} = 10^\circ$

$$K = 3,95$$

Приймаємо величину затилування $K = 4$ мм.

Знайдемо величину заднього кута на бічних сторонах

$$\operatorname{tg} \alpha_6 = \operatorname{tg} \alpha_{a0} \cdot \sin \alpha \quad (2.6)$$

де, α – величина кута між віссю фрези та дотичною до її профілю у боковій точці різальної кромки. $\alpha = 74,16^\circ$

$$\operatorname{tg} \alpha_6 = 0,17$$

$$\alpha_6 = 9,63^\circ$$

Перевіримо правильність вибраного заднього кута за умовою

$$\alpha_6 > 2^\circ \quad (2.7)$$

$$9,63^\circ > 2^\circ$$

Отже з умови видно, що вибраний задній кут α_{a0} задовільняє умову.

Розрахуємо величину додаткового затилування

$$K_1 = (1,2 \dots 1,5)K \quad (2.8)$$

$$K_1 = 4,8 \dots 6$$

Приймаємо величину додаткового затилування $K_1 = 6$ мм.

Глубина стружкової канавки

$$H = h_0 + \frac{K + K_1}{2} + r' \quad (2.9)$$

де, r' – радіус заокруглення дна канавки.

За [8, табл.5.5] для $m = 5$ мм., $r' = 2$ мм.

$$H = 16,178 \text{ мм}$$

Розрахунковий діаметр ділильного циліндра фрези

$$d_{m0} = d_{a0} - 2 \cdot h_{a0} - (0,25 \dots 0,3) \cdot K \quad (2.10)$$

$$d_{m0} = 88,69 \dots 88,49 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_{m0} = 88,6$ мм

Кут підйому витків фрези на початковому циліндрі

$$\sin \gamma_{m0} = \frac{m_0 z_0}{d_{m0}} \quad (2.11)$$

$$\sin \gamma_{m0} = 0,7979$$

$$\gamma_{m0} = 52,93^\circ$$

Кут нахилу гвинтової стружкової канавки

$$\lambda_{m0} = \gamma_{m0} \quad (2.12)$$

$$\lambda_{m0} = 52,93^\circ$$

Крок гвинтових стружкових канавок

$$T_z = \pi d_{m0} \operatorname{ctg} \lambda_{m0} \quad (2.13)$$

$$T_z = 210,28 \text{ мм}$$

Осьовий крок витків фрези

$$P_{x0} = \frac{P_{n0}}{\cos \gamma_{m0}} \quad (2.14)$$

$$P_{x0} = 26,313 \text{ мм}$$

Діаметр посадкового отвору

$$d = 20m^{0,4} \quad (2.15)$$

$$d = 38,22 \text{ мм}$$

Зі стандартного ряду, приймаємо $d = 40 \text{ мм}$.

Діаметр проточки отвору, для зменшення посадкового діаметра

$$d_b = 1,05 \cdot d \quad (2.16)$$

$$d_b = 42 \text{ мм.}$$

Діаметр буртиків за [5, табл.5.10] для $m = 5 \text{ мм.}$, $d_1 = 60 \text{ мм}$.

Розрахуємо мінімальну та максимальну довжину робочої частини

$$L_{1min} = h_0 \cdot \operatorname{ctg} \alpha_{a0} \quad (2.17)$$

$$L_{1min} = 52,05 \text{ мм}$$

$$L_{1max} = h_0 \cdot \operatorname{ctg} \alpha_{a0} + X \cdot P_{n0} \quad (2.18)$$

де, X – коефіцієнт запасу для збільшення довжини робочої частини.

За [5, табл.5.5] для $m = 5 \text{ мм.}$, $X = 3 \text{ мм}$.

$$L_{1max} = 99,633 \text{ мм}$$

Приймаємо довжину робочої частини $L_1 = 80 \text{ мм}$

Визначимо загальну довжина фрези

$$L = L_1 + 2l_1 \quad (2.19)$$

де, l_1 – довжина буртика приймається в межах 3...6 мм. Приймаємо $l_1 = 5$ мм.

$$L = 90 \text{ мм}$$

Конструктивні параметри шпоночного пазу за [5, табл.5.9] для $d_1 = 60$ мм

$b = 10$ мм.; $r = 1,0$ мм.; $t' = 43,5$ мм.

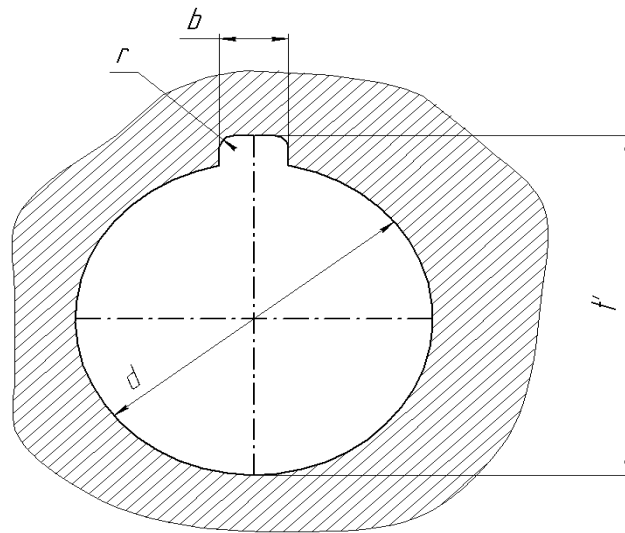


Рисунок 2.8 – Конструктивні параметри шпоночного пазу [5]

3 ТЕХНОЛОГІЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ФРЕЗИ

3.1 Матеріал заготовки

Для інструменту цільної черв'ячної фрези, що повинна обробляти зірочку з матеріалу Сталь 40Х ГОСТ 1050-88, використовують інструментальну швидкорізальну сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73.

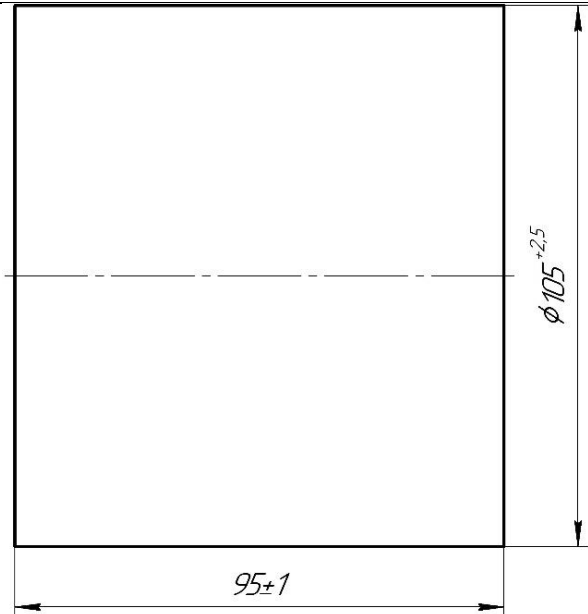
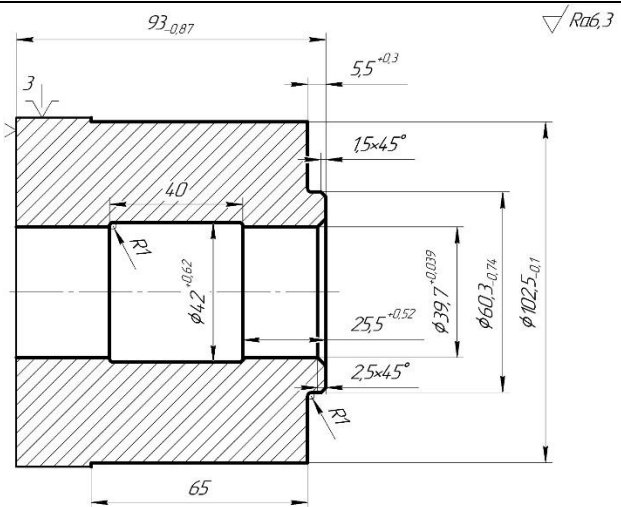
Таблиця 3.1 – Властивості матеріалу Р6М5 ГОСТ 19265-73

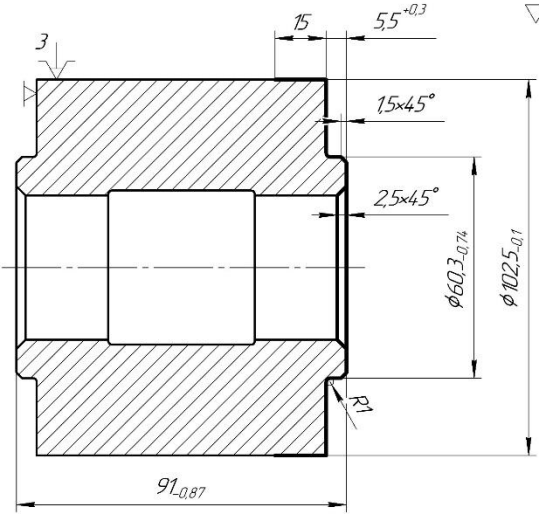
Код групи матеріалів	02.03.00	Густина	8100
Границя міцності	$3.2E+9-3.6E+9$	Зварюваність	Не застосовується
Ванадій(V)	1.7-2.1%	Вольфрам(W)	5.5-6.5%
Кобальт(C ₀)	0-0.5%	Кремній(Si)	0.2-0.5%
Марганець(M _n)	0.2-0.5%	Мідь(Cu)	0.2-0.25%
Молібден(M _o)	4.8-5.3%	Нікель(Ni)	0-0.6%
Сірка(S)	0-0.025%	Вуглець(C)	0.82-0.9%
Фосфор(P)	0-0.03%	Хром(Cr)	3.8-4.4%
Твердість по Бринелю	255НВ(відпал)	Твердість по Роквелу	62-64HRC
Температура кування	850-1160 °С	Температурний коефіцієнт лінійного розширення	0.000107
Питома теплоємність	440 Дж	Флокеночутливість	Не чутлива

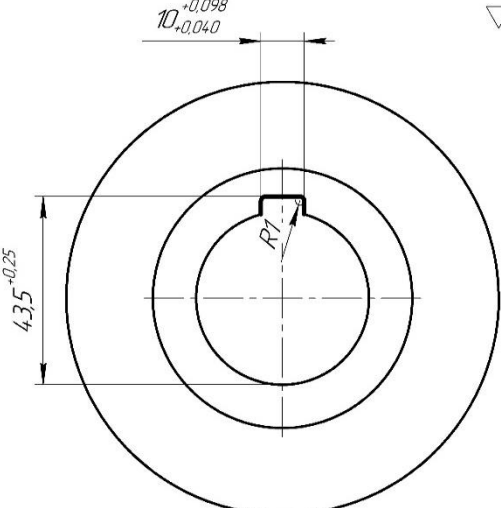
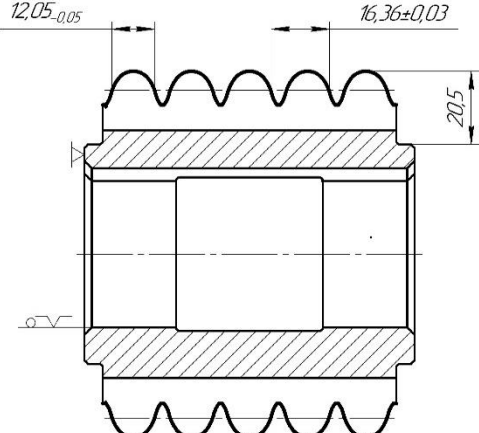
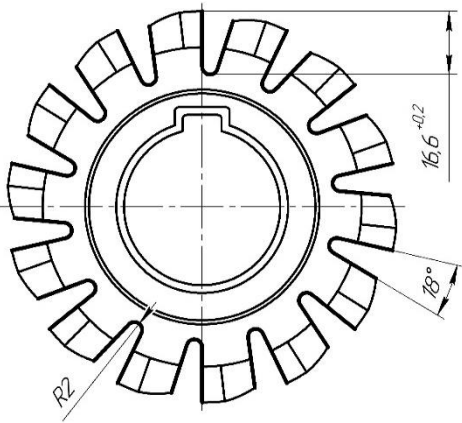
3.2 Вибір маршруту виготовлення черв'ячної фрези

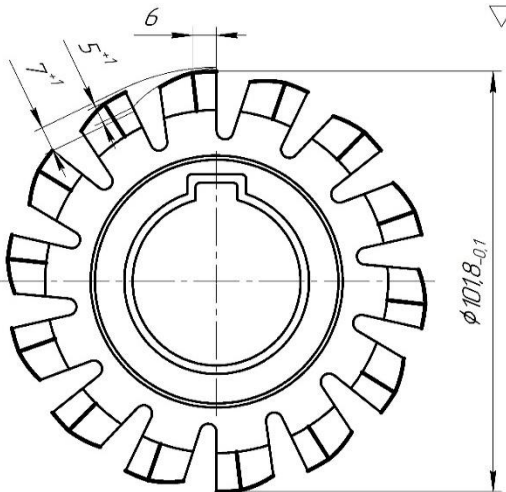
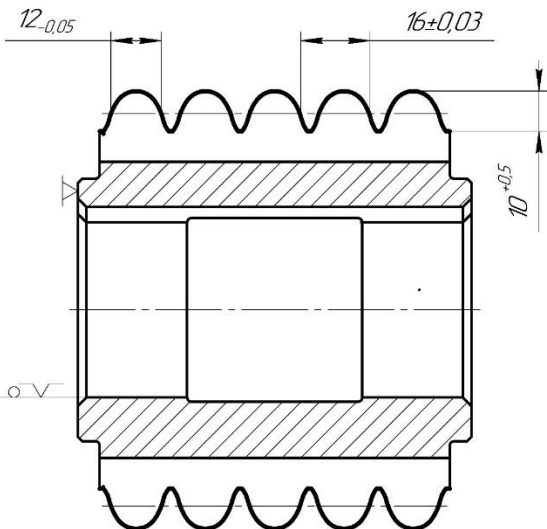
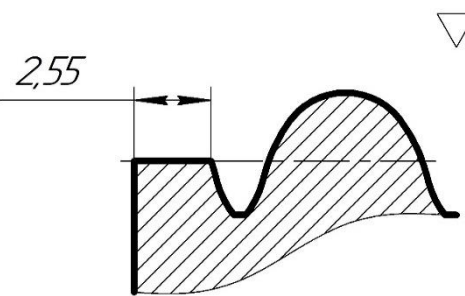
Створюємо технологічний маршрут на основі базового за [6,табл.9.11]

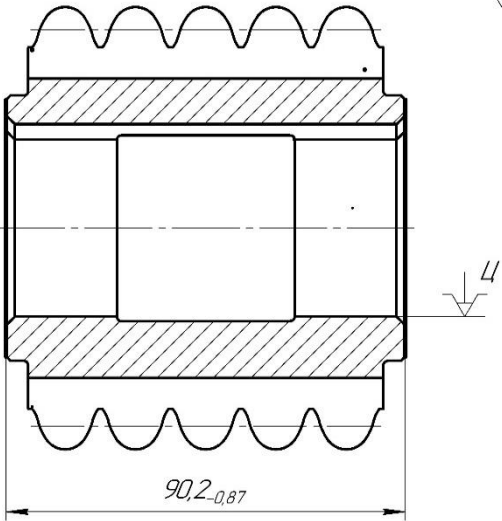
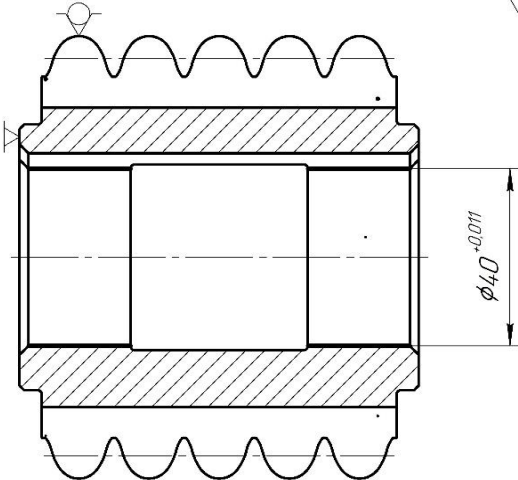
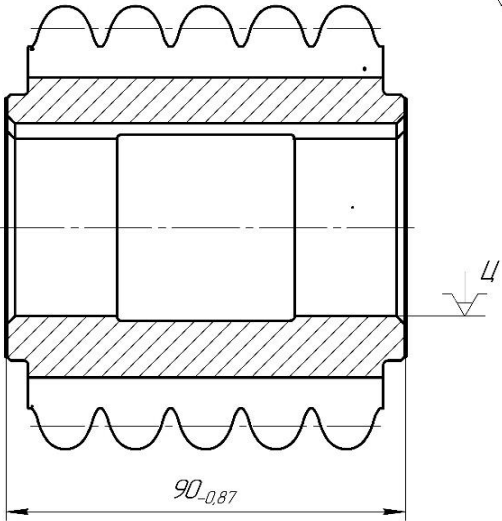
Таблиця 3.2 Технологічний маршрут виготовлення черв'ячної фрези.

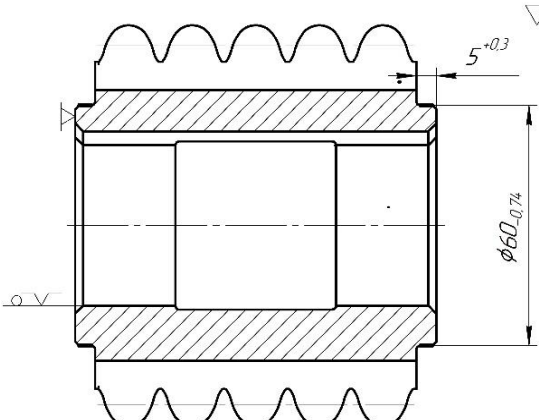
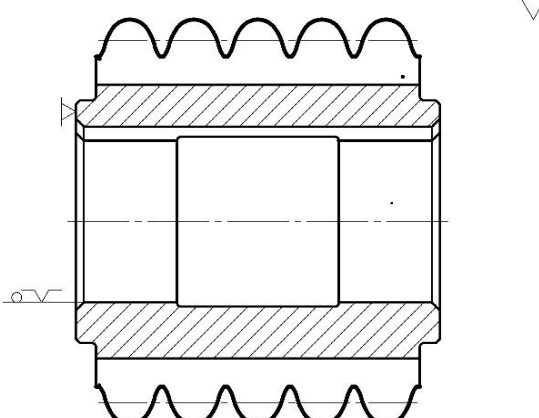
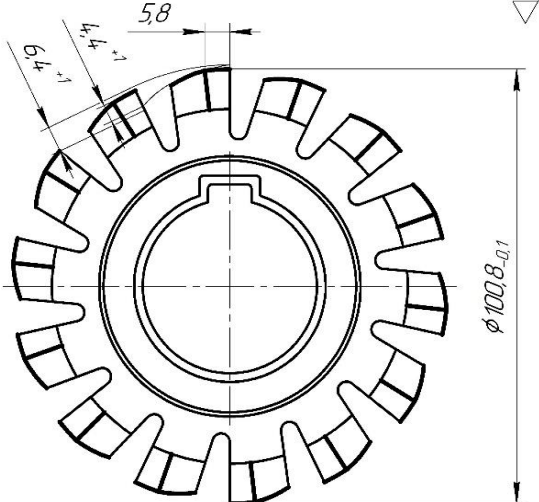
Назва та зміст операції	Верстат та пристосування	Технологічний ескіз
005 Контрольна 1. Контролювати заготовку, марку матеріалу та розміри.		
010 Токарна з ЧПК 1. Встановити та закріпити заготовку. 2. Підрізати торець в розмір $l = 93,5$ мм. 3. Підрізати торець в розмір $l = 93$ мм 4. Точити буртик $\varnothing 60,6$ на довжину $l = 5,5$ мм. 5. Точити поверхню $\varnothing 105$ до $\varnothing 102,5$ на довжину $l = 65$ мм. 6. Точити поверхню $\varnothing 102,8$ до $\varnothing 102,5$ на довжину $l = 65$ мм. та буртик $\varnothing 60,6$ до $\varnothing 60,3$ з	Токарний з ЧПК FBL-300L. Трьохкулачковий патрон, ГОСТ 2675-63	

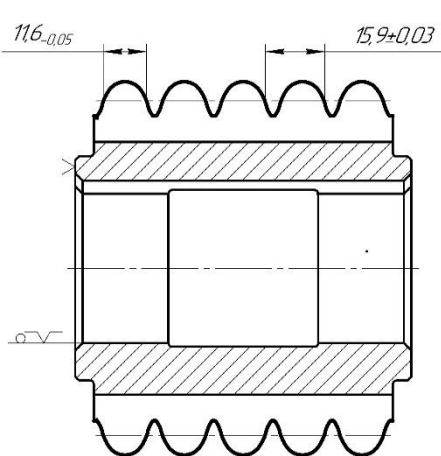
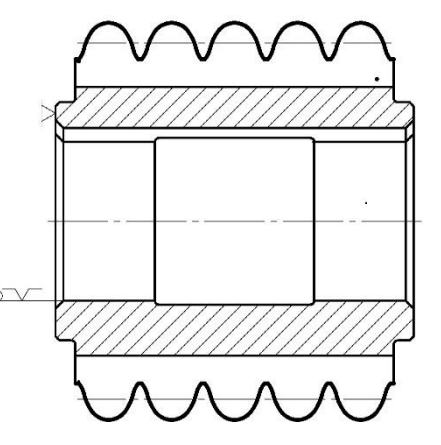
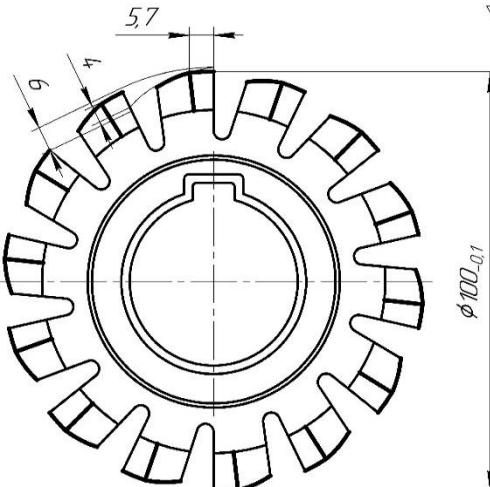
<p>радіусом 1 на довжину $l = 5,5$ мм. з фаскою $1,5 \times 45^\circ$</p> <p>7. Свердлити отвір $\varnothing 30$ мм. наскрізь.</p> <p>8. Розсвердлити отвір $\varnothing 30$ до $\varnothing 38$ мм. наскрізь.</p> <p>9. Розточити отвір $\varnothing 38$ до $\varnothing 39,7$ мм. наскрізь та фаску $2,5 \times 45^\circ$.</p> <p>10. Розточити виїмку $\varnothing 42$ з радіусом 1 витримав розмір.</p> <p>11. Контролювати.</p>		
<p>015 Токарна з ЧПК</p> <p>1. Встановити та закріпити заготовку.</p> <p>2. Підрізати торець в розмір $l = 91,5$ мм.</p> <p>3. Підрізати торець в розмір $l = 91$ мм</p> <p>4. Точити буртик $\varnothing 60,6$ на довжину $l = 5,5$ мм.</p> <p>5. Точити поверхню $\varnothing 105$ до $\varnothing 102,5$ на довжину $l = 15$ мм.</p> <p>6. Точити начисто буртик $\varnothing 60,6$ до $\varnothing 60,3$ з радіусом 1 на довжину $l = 5,5$ мм.</p> <p>7. Точити фаску $1,5 \times 45^\circ$</p> <p>8. Розточити фаску $2,5 \times 45^\circ$</p> <p>9. Контролювати.</p>	<p>Токарний з ЧПК FBL-300L.</p> <p>Трьохкулачковий патрон, ГОСТ 2675-63</p>	

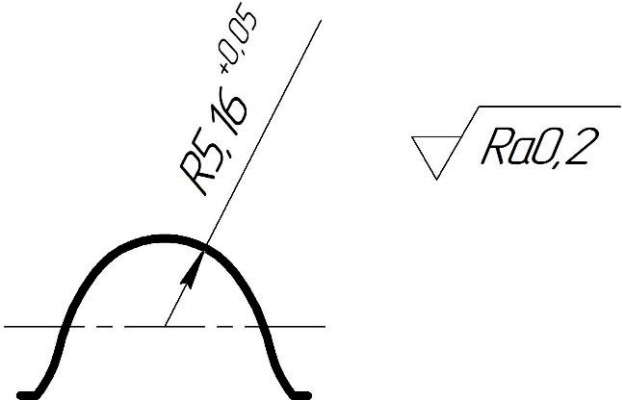
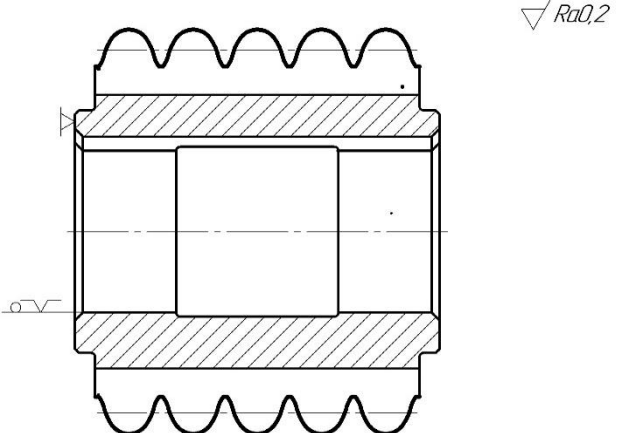
<p>020 Протягувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити заготовку. 2. Протягнути шпонковий паз витримав розмір. 3. Контролювати. 	<p>Горизонтально-протяжний верстат 7523.</p> <p>Пристосування для протягування пазів.</p> <p>Адаптер</p>	
<p>025 Шліце-фрезерна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити оправку з заготовкою та закріпити. 2. Фрезерувати профіль витримав розміри. 3. Контролювати 	<p>Шліце-фрезерный ZFWVG-25</p>	
<p>030 Фрезерна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити оправку з заготовкою, закріпити, піджати центром. 2. Фрезерувати стружкову канавку витримав глибину, радіус та кут нахилу. 3. Контролювати. 	<p>Фрезерний 6Т82.</p> <p>Ділильна головка УДГ-Д250</p>	

<p>035 Токарно-затилювальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити оправку з заготовкою, закріпити. 2. Затилювати по зовнішньому діаметру, витримав розмір. 3. Контролювати. 	<p>Токарно-затилювальний UHDA-10</p>	
<p>040 Токарно-затилювальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити оправку з заготовкою, закріпити. 2. Затилювати профіль зубів з припуском під шліфування. 3. Контролювати. 	<p>Токарно-затилювальний UHDA-10</p>	
<p>045 Фрезерна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити оправку з заготовкою, закріпити. 2. Фрезерувати неповні витки в розмір. 3. Контролювати. 	<p>Вертикально-фрезерний 6M13ПА</p>	
<p>050 Термічна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Гартувати HRC 62...64. 	<p>Твердомір ТК-2</p>	

<p>055 Кругло-шліфувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити оправку з заготовкою, закріпити. 2. Шліфувати торці витримав розмір І. 3. Контролювати. 	<p>Шліфувальний 3U12AF11</p>	
<p>060 Внутрішньо-шліфувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити, розмістити заготовку, закріпити. 2. Шліфувати отвір в розмір. 3. Контролювати. 	<p>Внутрішньо-шліфувальний 3212А. Пристосування для шліфування (планшайба)</p>	
<p>065 Кругло-шліфувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити оправку з заготовкою. 2. Шліфувати торці витримав розмір. 3. Контролювати. 	<p>Шліфувальний 3U12AF11</p>	

<p>070 Кругло-шліфувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити оправку з заготовкою. 2. Шліфувати буртикі витримав розмір. 3. Контролювати. 	<p>Шліфувальний 3U12AF11</p>	
<p>075 Заточна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити оправку з заготовкою, закріпити. 2. Заточити по передній поверхні попередньо. 3. Контролювати. 	<p>Заточний для червячних фрез ВЗ-531 Ф-4-04</p>	
<p>080 Шліфувально-затилювальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити оправку з заготовкою, закріпити. 2. Затилювати по зовнішньому діаметру, витримав розмір. 3. Контролювати. 	<p>Шліфувально - затилювальний UNDA-20. Пристосування для правки круга</p>	

<p>085 Шліфувально-затилювальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити оправку з заготовкою, закріпити. 2. Шліфувати профіль зубів попередньо, витримав розмір. 3. Контролювати. 	<p>Шліфувально - затилювальний UNDA-20.</p> <p>Пристосування для правки круга</p>	
<p>090 Шліфувально-затилювальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити оправку з заготовкою, закріпити. 2. Шліфувати профіль зубів остаточно, витримав розмір. 3. Контролювати. 	<p>Шліфувально - затилювальний UNDA-20.</p> <p>Пристосування для правки круга</p>	
<p>095 Шліфувально-затилювальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити оправку з заготовкою, закріпити. 2. Затилювати по зовнішньому діаметру витримав розмір. 3. Контролювати. 	<p>Шліфувально - затилювальний UNDA-20.</p> <p>Пристосування для правки круга</p>	

<p>0100 Шліфувально-затилювальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити оправку з заготовкою, закріпити. 2. Шліфувати радіус. 3. Контролювати. 	<p>Шліфувально - затилювальний UNDA-20.</p> <p>Пристосування для правки круга</p>	
<p>0105 Заточна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити оправку з заготовкою, закріпити. 2. Заточити по передній поверхні остаточно. 3. Контролювати. 	<p>Заточний для червячних фрез ВЗ-531 Ф-4-04</p>	
<p>0110 Маркувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Маркувати. 2. Контролювати. 	<p>Лазерний маркувальний комплекс D Mark 0,6RL</p>	
<p>0115 Слюсарна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити оправку з заготовкою,закріпити. 2. Встановити пристосування на супорт верстату. 3. Зачистити заусенції. 4. Контролювати. 	<p>Шліфувально-затилювальний UNDA-20. Пристосування для зачистки заусенцій</p>	
<p>0120 Нанесення покриття</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Нанести покриття. 	<p>Установка для нанесення покриття</p>	
<p>0125 Контрольна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити оправку з 	<p>Шліфувально-затилювальний UNDA-20.</p>	

заготовкою, закріпити. 2. Контролювати параметри черв'ячної фрези. 3. Контролювати відсутність заусенцій, забоїн, прижогів.	
---	--

Вибір інструментального забезпечення виконаємо за [6,табл.9.12]

Таблиця 3.2 Вибір інструментального забезпечення.

Назва операції	Інструмент різальний та допоміжний	Інструмент контрольний
005 Контрольна		Штангенциркуль ШЦ-1-250-0,1, ГОСТ 166-89
010 Токарна з ЧПК	різець розточний S12M-SCLCR06, різець прохідний DWLNL-2525-M08, свердло спіральне твердосплавне, різець канавочний BKTI-L-JK-S20R-3C	Штангенциркуль ШЦ-1-250-0,1, ГОСТ 166-89
015 Токарна з ЧПК	різець розточний S12M-SCLCR06, різець прохідний DWLNL-2525-M08, різець канавочний BKTI-L-JK-S20R-3C	Штангенциркуль ШЦ-1-250-0,1, ГОСТ 166-89
020 Протягувальна	Протяжка шпонкова ГОСТ 18217-90	Калібр на шпонковий паз
025 Шліце-фрезерна	Фреза дискова профільна. Оправка	Штангензубомір типу 756, ГОСТ 163-41. Проектор V-24В. Збільшений профіль зуба в масштабі 20:1, викреслений на кальці.
030 Фрезерна	Фреза для фрезерування стружкових канавок. Оправка	Пристрій для контролю передньої поверхні KlingelnbergPWF300. Пристрій для контролю напрямку стружкових канавок KAPP. Набір довжин кінцевих мір.

035 Токарно-затилувальна	Різець затилувальний. Центр обертаючий КМ5, ГОСТ 8742-75. Оправка	Штангензубомір типу 756, ГОСТ 163-41. Проектор V-24В. Калька паперова, ГОСТ 892-89. Кутомір УН, ГОСТ 5378-88
040 Токарно-затилувальна	Різець затилувальний. Центр обертаючий КМ5, ГОСТ 8742-75.	Штангензубомір типу 756, ГОСТ 163-41. Проектор V-24В. Калька паперова, ГОСТ 892-89. Кутомір УН, ГОСТ 5378-88
045 Фрезерна	Фреза кінцева, ГОСТ 1725-71. Оправка	Штангенциркуль ЩЦ-1-250-0,1, ГОСТ 166-89
050 Термічна		Алмазний наконечник НК1 0,21–0,30 карат
055 Кругло-шліфувальна	Шліфувальний круг 1-400×40×127 25А60І7V, ГОСТ Р 52781-2007. Правковий олівець 3908-0051, ГОСТ 607-80. Оправка цангова	Індикатор, типу 1 ИГМ, ГОСТ 577-68. Штатив магнітний ШМ-ІІН, ГОСТ 10197-70
060 Внутрішньо-шліфувальна	Шліфувальний круг ПП 32х25х16 ЛП К1 СМ1, 1А1-50×40×20×5 ЛКВ40 160/125 С1 К 100%, ГОСТ 24747-90	Нутромір SOLEX. Пробка пневматична. Кільце еталонне. Профілометр Surfcorde SE500
065 Кругло-шліфувальна	Шліфувальний круг 1-350×40×127 25А 60І7V, ГОСТ Р 52781-2007. Правлячий олівець 3908-0051, ГОСТ 607-80. Оправка для шліфування	Індикатор, типу 1 ИГМ, ГОСТ 577-68. Штатив магнітний ШМ-ІІН, ГОСТ 10197-70. Профілометр Surfcorde SE500
070 Кругло-шліфувальна	Шліфувальний круг 1-350×40×127 25А 60І7V, ГОСТ Р 52781-2007. Правлячий олівець 3908-0051, ГОСТ 607-80. Оправка для шліфування	Мікрометр, типу МК, ГОСТ 6507-80. Індикатор, типу 1 ИГМ ГОСТ 577-68. Профілометр Surfcorde SE500. Штатив магнітний ШМ-ІІН, ГОСТ 10197-70
075 Заточна	Шліфувальний круг 12 300×20×50,8 25А 60І6V, ГОСТ Р 52781-2007. Алмаз в оправі 3908-0128, ГОСТ 22907-78. Оправка для заточки. Профілометр Surfcorde SE500	Пристрій для контролю передної поверхні KlingelnbergPWF300. Пристрій для контролю напрямку стружкових канавок КАРР. Індикатор, типу 1 ИГМ, ГОСТ 9696-61.

080 Шліфувально-затилювальна	Шліфувальний круг 1A1-50×10×16×5 ЛКВ40 63/50 С1 К 100%, ГОСТ 24747-90. Оправка	Проектор V-24В. Збільшений профіль зуба в масштабі 20:1, викреслений на кальці. Мікрометр МЗ, ГОСТ 6507-90
085 Шліфувально-затилювальна	Шліфувальний круг 1D1-80×13×13×16×2 ЛКВ50 160/125 С1КС10 150%, ГОСТ 24747-90. Алмаз в оправі 3908-0128, ГОСТ 22908-78. Оправка для шліфування	Проектор V-24В. Збільшений профіль зуба в масштабі 20:1, викреслений на кальці. Мікрометр МЗ, ГОСТ 6507-90. Пристрій для контролю відхилення гвинтової лінії зубів SU-250. Профілометр Surfcorde SE50
090 Шліфувально-затилювальна	Шліфувальний круг 1D1-80×13×13×16×2 ЛКВ50 63/50 СМ2КС10 100%, ГОСТ 24747-90. Алмаз в оправі 3908-0128, ГОСТ 22908-78. Оправка для шліфування	Проектор V-24В. Збільшений профіль зуба в масштабі 20:1, викреслений на кальці. Мікрометр МЗ, ГОСТ 6507-90. Пристрій для контролю відхилення гвинтової лінії зубів SU-250. Профілометр Surfcorde SE500
095 Шліфувально-затилювальна	Шліфувальний круг 1D1-80×13×13×16×2 ЛКВ40 63/50 СМ2КС10 100%, ГОСТ 24747-90. Алмазний олівець 3908-0064, ГОСТ 22098-78. Оправка для шліфування	Проектор V-24В. Пристрій для контролю передньої поверхні Klingelnberg PWF300. Збільшений профіль зуба в масштабі 20:1, викреслений на кальці. Профілометр Surfcorde SE500
0100 Шліфувально-затилювальна	Шліфувальний круг 1D1-80×13×13×16×2 ЛКВ40 63/50 С1 27 100%, ГОСТ 24747-90. Накатний ролик для профілювання круга. Оправка для шліфування	Проектор V-24В. Збільшений профіль зуба в масштабі 20:1, викреслений на кальці. Пристрій для контролю відхилення гвинтової лінії зубів SU-250.

0105 Заточна	Шліфувальний круг 12 300×20×50, 825A60K6V, ГОСТ Р 52781-2007. Алмаз в оправі 3908-0128, ГОСТ 22908-78. Оправка для заточки	Пристрій для контролю передньої поверхні KlingelnbergPWF300. Пристрій для контролю напрямку стружкових канавок KAPP. Індикатор, типу 1 ИГМ, ГОСТ 577-68. Штатив магнітний ШМ-ІІН, ГОСТ 10197-70. Профілометр Surfcorde SE500
0110 Маркувальна		
0115 Слюсарна	Щітка абразивно-полімерна. Оправка	
0120 Нанесення покриття		
0125 Контрольна		Пристрій для контролю передньої поверхні KlingelnbergPWF300. Пристрій для контролю напрямку стружкових канавок KAPP. Пристрій для контролю відхилення гвинтової лінії зубів SU-250. Індикатор, типу 1 ИГМ, ГОСТ 577-68. Штатив магнітний ШМ-ІІН, ГОСТ 10197-70. Проектор V-24B. Збільшений профіль зуба в масштабі 20:1, викреслений на кальці.

3.3 Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом

Розрахуємо припуски на механічну обробку аналітичним методом а саме обробку посадочного отвору $\varnothing 40H5^{(+0.011)}$ що включає в себе наступні операції представленого вище технологічного процесу.

- свердлити отвір;
- розсвердлити отвір;
- розточити отвір;

- термічна обробка;
- шліфувати отвір попередньо;
- шліфувати отвір остаточно.

Припуск на свердління розраховувати не потрібно, тому що виконуємо свердління в заготівці без отвору, товщина видаляемого шару буде явно більше, ніж дефекти і похибки від попередньої обробки, в такому випадку це буде напуск.

Мінімальний припуск на чорнову й чистову обробку отвору визначаємо за [7,с.175]:

$$2z_{i \min} = 2 \left[(Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right] \quad (3.1)$$

де Rz – висота нерівностей профіля на попередньому переході;

h – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ – сумарні відхилення розташування поверхні;

ε_i – похибка встановлення заготовки.

Rz та h для ковки визначаємо за [7,с185,табл.11]

Rz та h для обробки отворів визначаємо за [7,190,табл.27]

Сумарне відхилення розташування поверхні заготівки розраховуємо за [8,с.178]:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{см}}^2} \quad (3.2)$$

де, $\Delta_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} L$ – відхилення плоскої поверхні ковки, від площинності;

$\Delta_{\text{см}}$ – зміщення стержня в горизонтальній та вертикальній площині;

$\Delta_{\text{к}}$ – питома кривизни заготовки, за [7,с.186,табл.15] $\Delta_{\text{к}} = 3$ мкм;

L – довжина заготовки $L = 95^{(\pm 1)}$ мм;

$$\Delta_{\text{кор}} = 285 \text{ мкм}$$

Тоді сумарне відхилення заготовки складає

$$\Delta_{\Sigma} \approx 300 \text{ мкм}$$

Відхилення заготовки після механічної обробки визначається як

$$\Delta_{\text{пер}} = \Delta_{\Sigma} \cdot K_y$$

де, K_y – коефіцієнт уточнення за [7, с.190, табл.29] $K_y = 0,08 \dots 0,02$.

Максимальний припуск розраховують за [7, с.175]:

$$2Z_{i \max} = 2Z_{i \min} + T_{di-1} + T_{di} \quad (3.3)$$

де, T_{di-1} – допуск розмірів на попередньому переході;

T_{di} – допуск розмірів на виконуваному переході.

Розрахунковий розмір визначають за [7, с.178]:

$$D_{\max i-1} = D_{\max i} - 2Z_{\min i} \quad (3.4)$$

Усі результати заносимо в таблицю 4.3

Таблиця 4.3 -Розрахунок припусків на обробку посадочного отвору

Технологічні переходи	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{i \min}$, мкм	Розрахунковий розмір, D_i , мм	Допуск T_i , мкм	Граничний розміри, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	h	Δ	ε				$D_{i \max}$	$D_{i \min}$	$2Z_{i \max}$	$2Z_{i \min}$
Заготовка без отвіру	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Свердління	500	600	300	-	-	30	620	30,1	29,48	-	-

Розсвердлювання	150	100	18	-	2800	38	250	38,9	38,65	3670	2800
Розточування	80	100	15	-	536	39,7	100	39,3	39,2	886	536
Термічна обробка	20	30	18	-	—						
Шліфування попереднє	10	20	6	-	260	39,94	25	39,94	39,7	324	260
Шліфування остаточне	4	6	-	-	72	40	11	40,011	40	108	72
Сума Σ										5517	4058

3.4 Розрахунок режимів різання

Розрахуємо режими різання на 4 переходи з технологічного маршруту виготовлення черв'ячної фрези. А саме:

I - Операція 005 – Свердлити отвір Ø30 мм наскрізь.

II - Операція 005 – Розточити отвір Ø38 до Ø39,7 мм наскрізь.

III - Операція 020 – Протягнути шпонковий паз наскрізь.

IV - Операція 060 – Шліфувати попередньо отвір Ø39,7 до Ø39,94 мм.

3.4.1 Режими різання переходу I

На даному переході свердлиться отвір Ø30 мм наскрізь.

Верстат – токарний з ЧПК FBL-300L.

Інструмент – свердло твердосплавне спіральне з конічним хвостовиком.

Пристосування для кріплення заготовки – трьохкулачковий патрон.

Пристосування для кріплення інструменту – револьверна головка.

Визначимо глибину різання при свердлінні як:

$$t = \frac{D}{2} \quad (3.5)$$

де, D – діаметр отвору - 30 мм.

$$t = 15 \text{ мм}$$

Подача за [8,табл.25,с.277] при діаметрі свердла $D = 36$ мм та при обробці швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 з НВ 255 - $S_o = 0,42$ мм/об. За рекомендаціями [7,табл.25,с.277] при відношенні довжини обробки до діаметра $l \leq 3D = 95 < 108$ поправочний коефіцієнт рівний $K_{ls} = 1,0$. При використанні твердосплавних свердл поправочний коефіцієнт $K_{ис} = 0,6$. Отже, подача буде рівна $S_o = S_o K_{ls} K_{ис} = 0,25$ мм/об.

Швидкість різання визначається як:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m S_o^y} K_v \quad (3.6)$$

де, C_v, q, m, y – коефіцієнт та показники степенів для визначення швидкості різання;

D – діаметр отвору;

T – період стійкості свердла;

K_v – поправочний коефіцієнт для визначення швидкості різання.

Період стійкості інструменту за [8,табл.30,с.279] при діаметрі свердла $D = 36$ мм та при обробці швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 та матеріалом різальної частини інструменту твердий сплав - $T = 35$ хв.

За [8,табл.28,с.278] при обробці швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73, матеріалом різальної частини інструменту твердий сплав та подачі $S_o = 0,25$ мм/об - $C_v = 34,2$; $q = 0,45$; $y = 0,3$; $m = 0,2$.

Поправочний коефіцієнт визначається за формулою:

$$K_V = K_{MV} K_{IV} K_{ИV} \quad (3.7)$$

де, K_{MV} - коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

K_{IV} - коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

$K_{ИV}$ - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту.

Коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки, а саме швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73, визначаємо за [8,табл.1,с.261] як:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} \quad (3.8)$$

де, K_r – коефіцієнт, що характеризує групу сталі по обробляємості;

n_V – показник степені;

σ_B – границя міцності при розтязі.

За [9] для швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 - $\sigma_B = 850$ МПа.

За [8,табл.2,с.262] при обробці швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 свердлом із різальної частини, що виконана із твердого сплаву - $K_r = 0,7$;
 $n_V = 1,0$.

Тоді, коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки рівний:

$$K_{MV} = 0,62$$

Коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту: $K_{ИV} = 0,83$.

За [8,табл.31,с.280] при відношенні глибини отвору до діаметру $l \leq 3D$ –

$$K_{IV} = 1,0.$$

Тоді, поправочний коефіцієнт при визначенні швидкості різання рівний:

$$K_V = 0,51$$

Отже, швидкість різання рівна: $V = 60$ м/хв.

Визначимо частоту обертання шпинделя за:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \quad (3.9)$$
$$n = 636,6 \text{ об/хв}$$

Визначимо значення осьової сили різання як:

$$P_0 = 10C_p D^q S_0^y K_p \quad (3.10)$$

де, C_p, q, y – коефіцієнт та показники степенів для визначення осьової сили;

K_p – поправочний коефіцієнт визначення осьової сили різання.

$$K_p = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (3.11)$$
$$K_p = 1,1$$

За [8,табл.32,с.281] при обробці швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73, матеріалом різальної частини інструменту твердий сплав - $C_p = 42$, $q = 1,2$, $y = 0,75$.

Тоді, осьова сила різання рівна:

$$P_o = 10554,3 \text{ Н або } 10,55 \text{ кН}$$

Визначимо потужність різання як:

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750} \quad (3.12)$$

де, $M_{кр}$ – крутний момент.

$$M_{кр} = 10C_m D^q S_0^y K_p \quad (3.13)$$

де, C_m, q, y – коефіцієнт та показники степенів для визначення крутного моменту.

За [8,табл.32,с.281] коефіцієнти $C_m = 0,012$; $q = 2,2$; $y = 0,8$.

$$M_{кр} = 77,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Тоді, потужність різання рівна:

$$N_e = 5 \text{ кВт}$$

Перевіримо достатність потужності верстату за умовою:

$$N_e \leq N_{шп} \quad (3.14)$$

де, $N_{шп}$ – потужність шпинделя верстату.

$$N_{шп} = N_{дв} \cdot \eta \quad (3.15)$$

де, $N_{дв}$ – потужність головного двигуна верстату;

η – коефіцієнт корисної дії верстату.

За паспортом верстату [10] $N_{дв} = 15 \text{ кВт}$, $\eta = 0,8$.

$$N_{шп} = 12 \text{ кВт}$$

Тоді, умова виконується

$$5 \text{ кВт} < 12 \text{ кВт}$$

Визначимо основний час свердління отвору за :

$$T_0 = \frac{Li}{nS_0} \quad (3.16)$$

де, L – загальна довжина робочого ходу різця;

i – кількість робочих ходів.

Загальна довжина робочого ходу визначається як:

$$L = l + y \quad (3.17)$$

де, l – довжина оброблюваної поверхні - $l = 93 \text{ мм}$;

y – величина врізання свердла.

Величина врізання визначається як:

$$y = \frac{d}{2} \cot \frac{2\varphi}{2} \quad (3.18)$$

де, 2φ – головний кут в плані свердла - $2\varphi = 118^\circ$.

Тоді, величина врізання рівна:

$$y = 10,82 \text{ мм}$$

Тоді, загальна довжина робочого ходу рівна:

$$L = 103,82 \text{ мм}$$

Кількість робочих ходів приймаємо $i = 1$, оскільки даний припуск можна зняти за один прохід.

Отже, основний час обробки при свердлінні отвору рівний:

$$T_o = 0,65 \text{ хв}$$

3.4.2 Режими різання переходу II

На даному переході розточується отвір з $\varnothing 38$ до $\varnothing 39,7$ мм. наскрізь.

Верстат – токарний з ЧПК FBL-300L.

Інструмент – різець розточний S12M-SCLCR06.

Пристосування для кріплення заготовки – трьохкулачковий патрон.

Пристосування для кріплення інструменту – різцетримач.

Глибина різання визначається як:

$$t = \frac{D - d}{2} \quad (3.19)$$

де, D – діаметр поверхні заготовки на виконуваний операції, $D = 39,7$ мм;

d – діаметр поверхні заготовки на попередній операції, $d = 38$ мм.

Тоді, глибина різання рівна:

$$t = 0,85 \text{ мм}$$

Подача при чорновому розточуванні різцями з пластинами із твердого сплаву за [8,табл.11,с.266] при діаметрі деталі $D = 100$ мм та при обробці сталі Р6М5 глибиною $t = 0,85$ мм складає $S_o = 0,5$ мм/об.

Швидкість різання при розточуванні визначається як:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S_o^y} K_v \quad (3.20)$$

де, T – стійкість інструменту;

C_v, m, x, y – коефіцієнт та показники степенів для визначення швидкості різання;

K_v – поправочний коефіцієнт для визначення швидкості різання.

За рекомендаціями [8,с.268] при одноінструментальній обробці зовнішніх діаметрів різцями $T = 45$ хв.

Коефіцієнт та показники степенів для визначення швидкості різання при обробці різцями за [8,табл.17,с.269] при поздовжньому точінні прохідними різцями швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 та подачею $S_o = 0,5$ мм/об - $C_v = 340$, $m = 0,2$, $x = 0,15$, $y = 0,45$.

Поправочний коефіцієнт для визначення швидкості різання визначається як:

$$K_v = K_{MV} K_{PV} K_{IV} K_{\varphi} \quad (3.21)$$

де, K_{MV} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

K_{PV} - коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

K_{IV} - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

K_{φ} - коефіцієнт, що враховує кут в плані різця.

Коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки, а саме швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73, визначаємо за формулою (3.8) [8,табл.1,с.261] як:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}$$

де, K_r – коефіцієнт, що характеризує групу сталі по обробляємості;

n_V – показник степені;

σ_B – границя міцності при розтязі.

За [9] для швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 - $\sigma_B = 850$ МПа.

Тоді, коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки рівний:

$$K_{MV} = 0,62$$

За [8,табл.2,с.262] при обробці швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 1926573 різцем із різальної частини, що виконана із твердого сплаву Т5К10 ГОСТ 3882-74 - $K_r = 0,7$; $n_V = 1,25$.

За [8,табл.5,с.263] при стані поверхні заготовки поковка - $K_{IV} = 0,8$.

За [8,табл.5,с.263] при обробці швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 1926573 та марки інструментального матеріалу твердий сплав Т5К10 ГОСТ 3882-74 - $K_{IV} = 1,0$.

За [8,табл.18,с.271] при головному куту в плані $\varphi = 45^\circ$ - $K_{\varphi} = 1$.

Тоді, поправочний коефіцієнт при визначенні швидкості різання рівний:

$$K_V = 0,5$$

Отже, швидкість різання рівна:

$$V = 111,1 \text{ м/хв}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя за формулою (3.9):

$$n = \frac{1000V}{\pi D}$$

$$n = 890,8 \text{ м/хв}$$

Визначимо тангенціальну силу різання за формулою:

$$P_z = 10C_p t^x S_0^y V^n K_p \quad (3.22)$$

де, C_p, x, y, n – коефіцієнт та показники степенів при визначенні тангенціальної сили різання;

K_p – поправочний коефіцієнт при визначенні сили різання.

За [8,табл.22,с.273] при зовнішньому поздовжньому точінні швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 різцем із різальної частини, що виконана із твердого сплаву Т5К10 ГОСТ 3882-74 – $C_p = 300$, $x = 1$, $y = 0,75$, $n = 0,15$.

Поправочний коефіцієнт для визначенні сили різання визначається як:

$$K_p = K_{MP} K_{\varphi P} K_{\gamma P} K_{\lambda P} \quad (3.23)$$

Де, K_{MP} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

$K_{\varphi P}$ - коефіцієнт, що враховує головний кут в плані інструменту;

$K_{\gamma P}$ - коефіцієнт, що враховує передній кут інструменту;

$K_{\lambda P}$ - коефіцієнт, що враховує кут нахилу головного леза інструменту.

K_P – поправочний коефіцієнт визначення осьової сили різання.

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (3.24)$$

$$K_{MP} = 1,1$$

За [8,табл.23,с.275] при головному куті в плані інструмента $\varphi = 45^\circ$ та при обробці твердим сплавом Т5К10 ГОСТ 3882-74 - $K_{\varphi P} = 1$.

За [8,табл.23,с.275] при передньому куті інструмента $\gamma = 10^\circ$ та при обробці твердим сплавом Т5К10 ГОСТ 3882-74 - $K_{\gamma P} = 1$.

За [8,табл.23,с.275] при куту нахилу головного леза інструменту $\lambda = 0^\circ$ - $K_{\lambda P} = 1$.

Тоді, поправочний коефіцієнт при визначенні тангенціальної сили різання рівний:

$$K_P = 1,1$$

Тоді, тангенціальна сила різання буде рівна:

$$P_z = 3380,8 \text{ Н або } 3,4 \text{ кН}$$

Знайдемо потужність різання

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (3.25)$$

$$N_e = 6,1 \text{ кВт}$$

Перевіримо достатність потужності верстату за умовою (3.14):

$$N_e \leq N_{\text{шп}}$$

де, $N_{\text{шп}}$ – потужність шпинделя верстату.

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta$$

де, $N_{\text{дв}}$ – потужність головного двигуна верстату;

η – коефіцієнт корисної дії верстату.

За паспортом верстату [10] $N_{дв} = 15$ кВт , $\eta = 0,8$.

$$N_{шп} = 12 \text{ кВт}$$

Тоді, умова виконується

$$6,1 \text{ кВт} < 12 \text{ кВт}$$

Визначимо основний час обробки за формулою (3.16):

$$T_0 = \frac{Li}{nS_0}$$

де, L – загальна довжина робочого ходу різця;

i – кількість робочих ходів.

Загальна довжина робочого ходу визначається як:

$$L = l + l_1 + l_2 \quad (3.26)$$

де, l – довжина оброблюваної поверхні - $l = 93$ мм;

l_1 – довжина шляху врізання;

l_2 – величина перебігу різця;

Довжина шляху врізання визначається як:

$$l_1 = t \cot \varphi + 1 \quad (3.27)$$

Тоді, довжина шляху врізання рівна:

$$l_1 = 2,4 \text{ мм}$$

Величина перебігу різця приймають в межах $l_2 = 1 \dots 3$ мм.

$$l_2 = 1,6 \text{ мм}$$

Тоді, загальна довжина робочого ходу рівна:

$$L = 97 \text{ мм}$$

Кількість робочих ходів приймаємо $i = 1$, оскільки даний припуск доцільно зняти за один прохід. Отже, основний час обробки рівний:

$$T_o = 0,22 \text{ хв}$$

3.4.3 Режими різання переходу III

На даному переході протягується шпонковий паз наскрізь.

Верстат – протягувальний моделі 7523.

Інструмент – протяжка шпонкова ГОСТ 18217-90.

Пристосування для кріплення заготовки – адаптер.

Пристосування для кріплення інструменту – кріпиться в верстаті.

Встановлюємо групу швидкості різання при протягуванні сталі з 229 до 269 HB – I за [8,табл.53,с.299]

Призначаємо швидкість різання для I групи, шпонкової протяжки та точності 10 квалітету - $V = 7 \text{ м/хв.}$ за [8,табл.52,с. 299]

Визначаємо силу різання

$$P_z = P \cdot \sum B \quad (3.28)$$

де, $P = 325 \text{ Н/мм}$ - сила різання на 1 мм довжини леза при $S_z = 0,1 \text{ мм/зуб}$ і $\text{HB} > 229$ за [8,табл.54,с.299] ;

$\sum B$ – периметр різання, мм.

$$\Sigma B = B \cdot \frac{Z_1}{Z_c} \quad (3.29)$$

де, B – параметр різання, рівний довжині оброблюваного контуру, що протягується, мм. При протягуванні шпонкового пазу шириною 10 мм.

$$B = 10 \text{ мм}$$

Z_1 – найбільше число одночасно різальних зубів.

$$Z_1 = \frac{l}{t} \quad (3.30)$$

де, l – довжина поверхні, яка обробляється - $l = 91$ мм;

t – крок різальних зубців. Згідно інструменту, $t = 9$ мм.

Тоді, найбільше число одночасно різальних зубів:

$$Z_1 \approx 10$$

Z_c – число зубів в секції.

Оскільки схема різання – профільна, тоді за [8,с.299] $Z_c = 1$.

Тоді, сумарна довжина лез всіх одночасно різальних зубів рівна:

$$\Sigma B = 100 \text{ мм}$$

Визначимо силу різання при протягуванні як:

$$P_z = 32500 \text{ Н або } 32,5 \text{ кН}$$

Перевіримо силу різання з тяговою силою верстату

$$P_z \leq P_r \quad (3.31)$$

де, P_r – тягова сила верстату, за [11] $P_r = 100$ кН ;

Тоді, умова різання виконується

$$32,5 < 100$$

Основний технологічний час при протягуванні визначається як:

$$T_0 = \frac{L_{p.x} K_1 i}{1000 V q} \quad (3.32)$$

де, $L_{p.x}$ – довжина робочого ходу протяжки;

$$L_{p.x} = l + l_{p.ч} + l_{доп} \quad (3.33)$$

де, l – довжина протягувальної поверхні - $l = 91$ мм;

$l_{p.ч}$ – довжина робочої частини протяжки, мм.

$$l_{p.ч} = t \cdot z_p \quad (3.34)$$

де, z_p – кількість різальних зубців;

$$z_p = \frac{h}{S_z} \quad (3.35)$$

де, $h = t$ – припуск на сторону, мм.

$$t = \frac{D - d}{2}$$

$$t = 1,9 \text{ мм}$$

Тоді, кількість різальних зубців $z_p = 19$ а довжина робочої частини протяжки складає $l_{p.ч} = 171$ мм .

$l_{доп}$ – перебіг протяжки (30...50 мм.) в залежності від розмірів деталі;

$$l_{доп} = 50 \text{ мм.}$$

Тоді, довжина робочого ходу рівна:

$$L_{p.x.} = 312 \text{ мм}$$

K_1 – коефіцієнт, що враховує співвідношення швидкостей робочого і зворотнього ходу протяжки.

$$K_1 = 1 + \frac{V}{V_{3.x}} \quad (3.36)$$

де, $V_{3.x} = 20 \text{ м/хв}$ – швидкість зворотнього ходу, за [11] паспортом верстату.

$$K_1 = 1,35$$

$q = 1$ – кількість одночасно обробляємих деталей;

$i = 1$ – число робочих ходів.

Отже, основний час обробки при протягуванні рівний:

$$T_o = 0,06 \text{ хв}$$

3.4.4 Режими різання переходу IV

На даному переході шліфується попередньо отвір $\emptyset 39,7$ до $39,94 \text{ мм}$.
наскрізь.

Верстат – внутрішньо-шліфувальний моделі 3212А.

Інструмент – шліфувальний круг ПП 32х25х16 ЛП К1 СМ1.

Пристосування для кріплення заготовки – планшайба (шліфувальна).

Пристосування для кріплення інструменту – вмонтований в верстат.

Розрахуємо режими різання за [12].

Глибина різання визначається за формулою (3.19) :

$$t = \frac{D - d}{2}$$

$$t = 0,12 \text{ мм}$$

Інші режими різання призначаємо за [12,табл.17,с.284]

Для шліфування деталі до 100 мм зі сталі HRC 30...50 частота обертання деталі складе $n_d = 200$ об/хв.

Для обробки кругом висотою до 25 мм до Ra 1,25 повздовжня подача $S_{пр} = 1500$ мм/хв.

Для обробки з повздовжньою подачею $S_{пр} = 1500$ мм/хв. поверхні діаметром до 125 мм поперечна подача $S_{поп} = 0,006...0,012$ мм/хв

Поправочні коефіцієнти на подачу:

- $K_1 = 1,0$ – від матеріалу – сталь і квалітету поверхні – 7 ;
- $K_2 = 0,9$ – від діаметра круга до 45мм. ;
- $K_3 = 1,0$ – від способу контролю – вручну скобою ;
- $K_4 = 1,0$ – від жорсткості деталі ($L/D \leq 1,2$) при $L/D = 1,1$.

Тоді загальний коефіцієнт на поперечну подачу

$$K = K_1 K_2 K_3 K_4 \quad (3.37)$$

$$K = 0,9$$

Отже, $S_{поп} \times K = 0,0054...0,0108$ мм/хв

Коректуємо режими різання за паспортом верстату [12,табл.1,с. 144]

$$n_d = 200 \text{ об/хв.}$$

$$S_{пр} = 1500 \text{ мм/хв.}$$

$$S_{поп} = 0,010 \text{ мм/хв}$$

Визначаємо основний час:

$$T_0 = \frac{l + B_k}{S_B \cdot B_k \cdot n_d} \cdot i \cdot K \quad (3.38)$$

де, l – довжина поверхні, яка обробляється - $l = 90,2$ мм;

B_k – ширина шліфувального круга - $B_k = 25$ мм;

S_B – повздовжня подача на оберт заготовки;

$$S_B = K_s \cdot B_k \quad (3.39)$$

де, $K_s = 0,2 \dots 0,4$ – коефіцієнт, що враховує повздовжню подачу, в долях ширини круга. Приймаємо $K_s = 0,3$.

$$S_B = 7,5 \text{ мм/об}$$

i – кількість проходів;

$$i = \frac{a}{S_{2x}} \quad (3.40)$$

де, S_{2x} – подача на подвійний хід;

$$S_{2x} = S_{\text{поп}} \cdot 2 \quad (3.41)$$

$$S_{2x} = 0,02 \text{ мм/дв. хід}$$

a – припуск на обробку на сторону, $a=t=0,12$ мм.

Тоді кількість проходів

$$i = 6$$

$K = 1,2 \dots 1,5$ – коефіцієнт, що враховує доводку при шліфуванні.

Приймаємо $K = 1,3$.

Отже, основний час обробки при шліфуванні отвору:

$$T_o = 0,024 \text{ хв}$$

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ З ЧПК

4.1 Технічний опис верстата FBL-300L

Суцільнолита станина з кутом нахилу 45 градусів має низький центр тяжіння, що забезпечує додаткову вібростійкість і точність при обробці. Велика пляма контакту шпиндельної бабки і станини перешкоджає виникненню вібрацій при точінні, забезпечує максимальну стабільність при високопродуктивної обробці, а також збільшує термін експлуатації верстата [10].

За рахунок модульної структури шпинделя забезпечуються кращі показники точності, полегшуються сервісні роботи зі шпинделем і, в цілому, збільшується життєвий цикл шпинделя в порівнянні з іншими конструктивними виконанням даного вузла. У шпинделях верстатів Focus CNC встановлюються підшипники NSK (Японія). Верстат оснащений жорсткими коробчастими напрямними ковзання, що дозволяють виробляти силове точіння на низьких оборотах. Поверхня доопрацьована методом шабрування, що дає вузлу найкращі якісні характеристики, дозволяючи зберегти високу точність на тривалий час [10].

10-ти або 12-ти позиційна револьверна головка дозволяє використовувати різні комбінації інструменту. Конструкція головки забезпечує високоточне фіксацію при зміні інструменту. Жорсткий масивний корпус задньої бабки спроектований спеціально для обробки важких заготовок. В якості опції є програмований переміщення задньої бабки і висування пінолі [10].

Жорсткий масивний корпус задньої бабки спроектований спеціально для обробки важких заготовок. В якості опції є програмований переміщення задньої бабки і висування пінолі. Жорсткий масивний корпус задньої бабки спроектований спеціально для обробки важких заготовок. В якості опції є програмований переміщення задньої бабки і висування пінолі [10].

Таблиця 4.1- Технічні характеристики FBL-300L [10]

Найменування		Од. вим.	FBL-300L
Функціональні можливості	Діаметр обробки над станиною	мм	654
	Діаметр обробки	мм	510
	Відстань між центрами	мм	1708
	Максимальна довжина обробки	мм	1554
Головний шпиндель	Діаметр гідравлічного патрона	дюйм	10 (12 *)
	Потужність приводу шпинделя, постійна / пікова (30 хв)	кВт	15 / 18,5
	Частота обертання шпинделя	об / хв	2500
	Торець шпинделя	ТОМУ	A2-8
	Діаметр осевого отвору шпинделя	мм	88
	Максимальний діаметр прутка	мм	77
Переміщення	Переміщення по осі X	мм	290
	Переміщення по осі Z	мм	1600
	Прискорене переміщення по осі X	м / хв	18
	Прискорене переміщення по осі Z	м / хв	18
Револьверна головка	Кількість інструментів		10 (12 *)
	Розмір інструменту для зовнішнього точіння	мм	25x25
	Діаметр розточний оправлення	мм	40
Задня бабка	Переміщення	мм	1510
	Висування пінолі	мм	130
	Діаметр пінолі	мм	90
	Привід пінолі		гідравлічний
	Позиціонування		ручне
	Конус пінолі		MT5
Інше	Система ЧПК		Fanuc 0i-TF
	Маса верстата	кг	9000
	Габарити верстата (ДхШхВ)	мм	4700x2000x2000

4.2 Керуюча програма

Для створення керуючої програми використовуємо Autodesk Fusion 360

4.2.1 Перехід №1

Для початку створимо 3д модель деталі, яка буде отримана на цій операції, а саме 010 Токарна з ЧПК (рис.4.1)

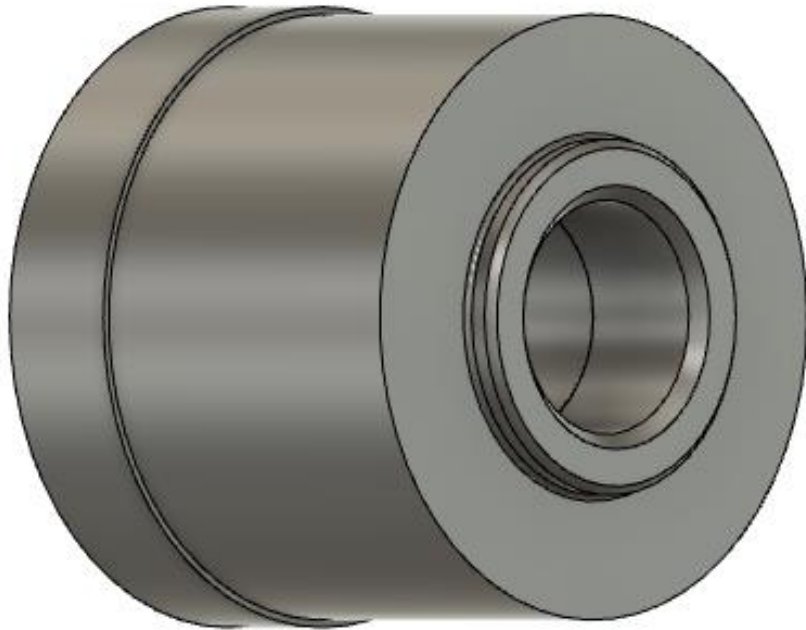


Рисунок 4.1— 3D модель деталі

Далі необхідно закріпити деталь в трьохкулачковому патроні, згідно технологічного маршруту. Після чого вибрати розміри заготовки та напрямки координатних осей (рис.4.2)

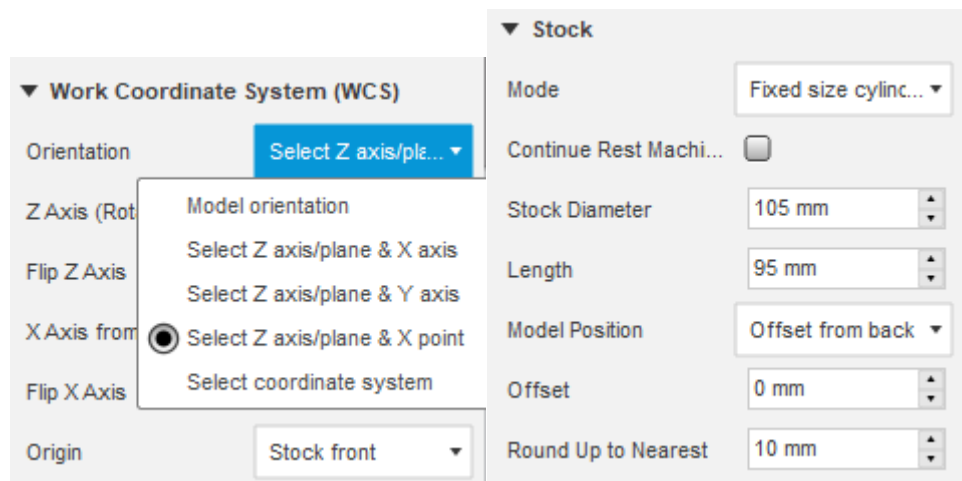
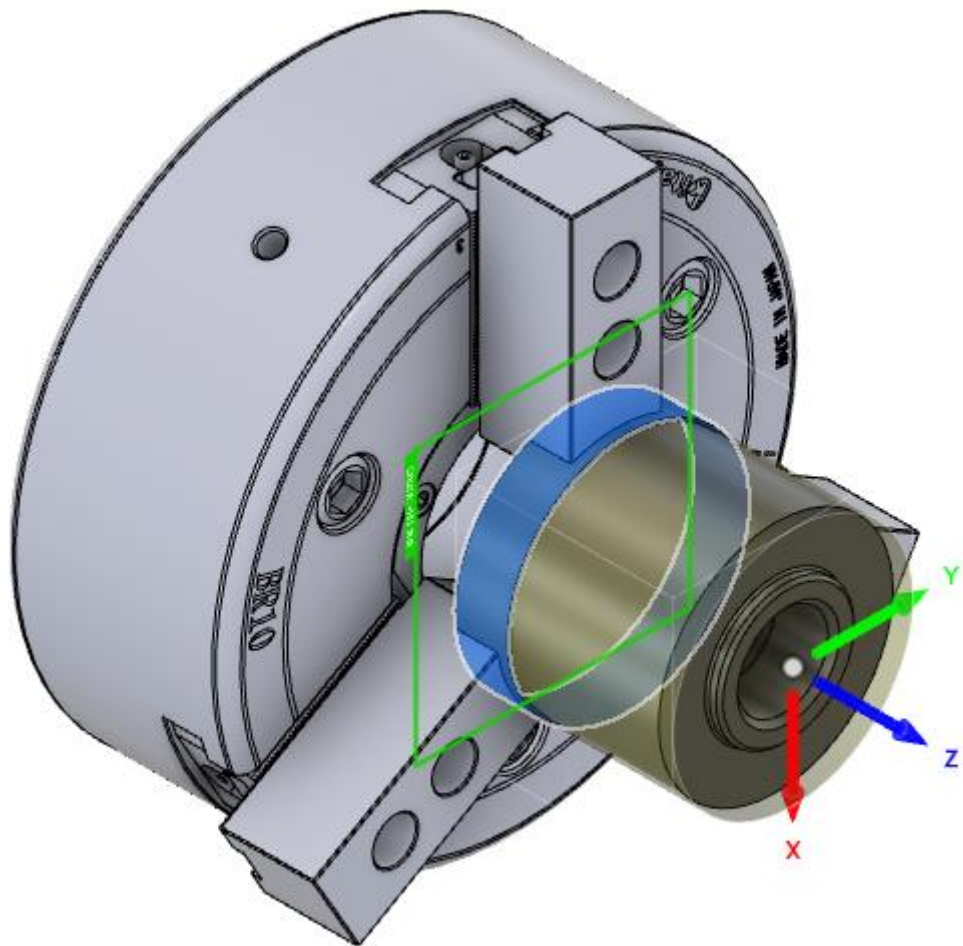


Рисунок 4.2 – Вибір заготовки та напрям осей

Далі вибираємо необхідну нам операцію (рис.4.3) та інструмент (рис.4.4)

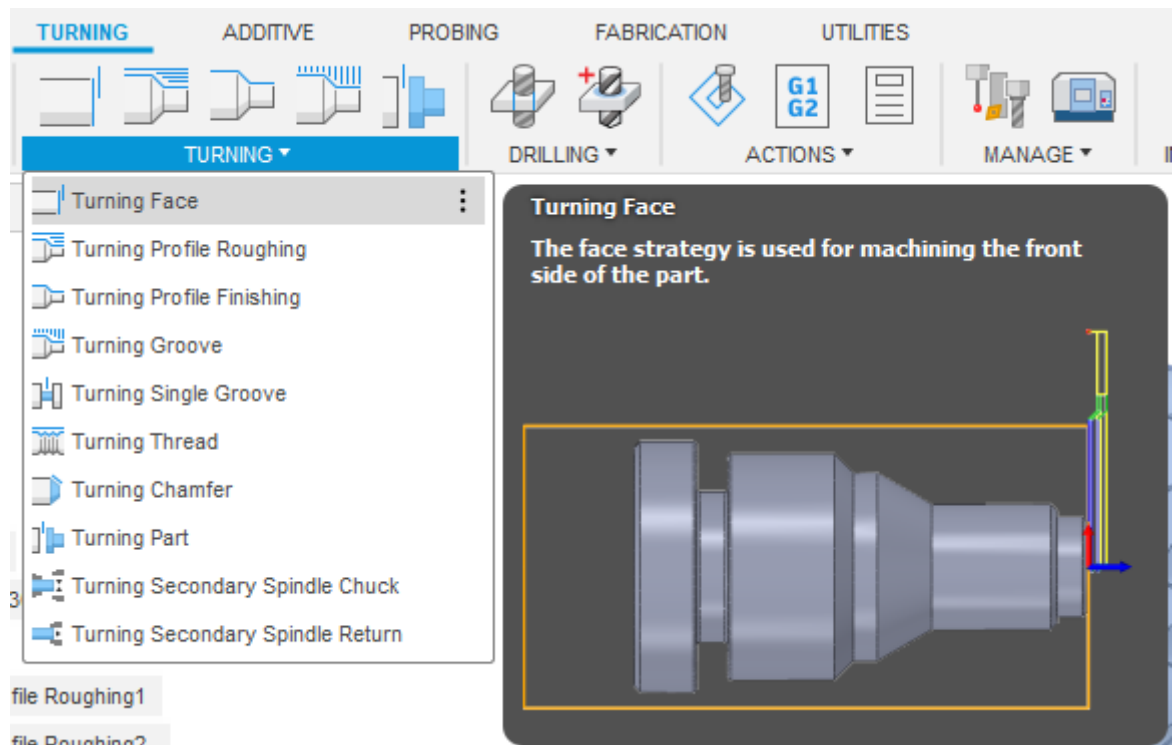


Рисунок 4.3 – Вибір операції

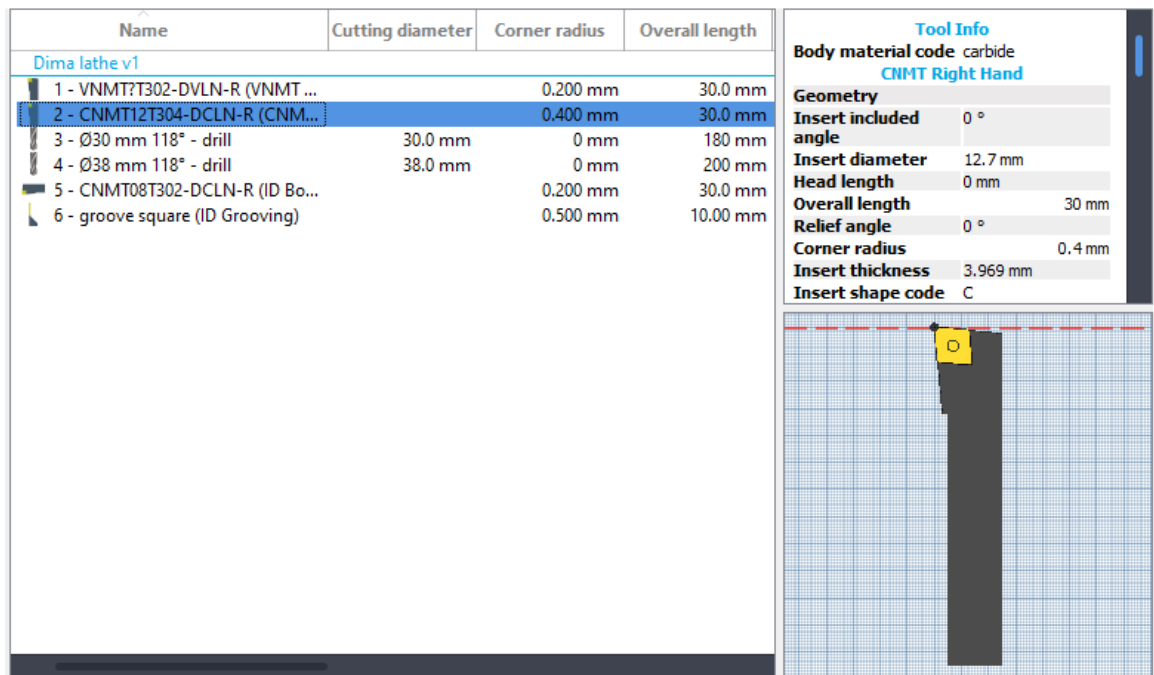


Рисунок 4.4 – Вибір інструменту

Вказуємо площини, в якій буде відбуватись обробка (рис.4.5) та (рис.4.6)

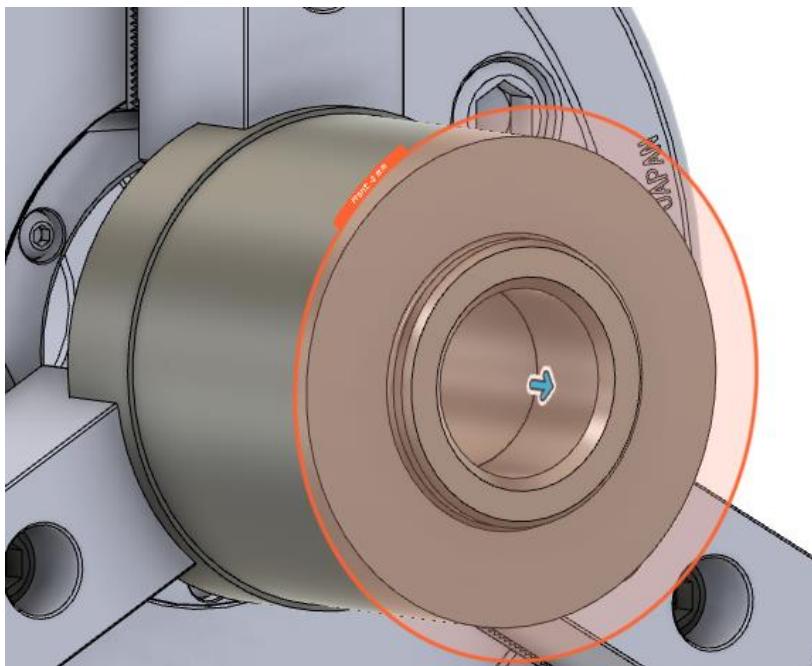


Рисунок 4.5 – Робоча площина на данному переході

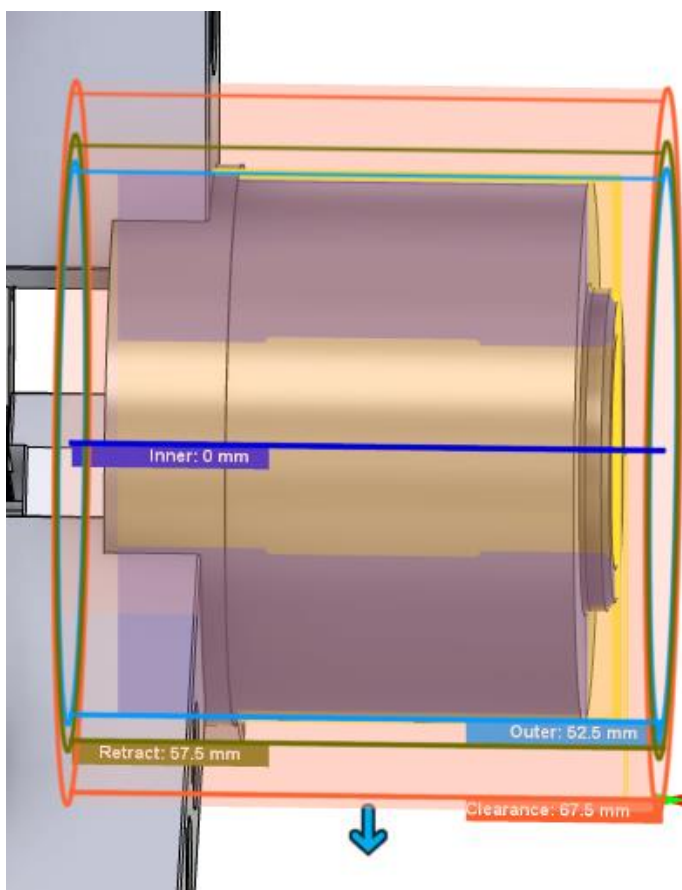


Рисунок 4.6 – Загальна площина на данному переході

Після чого вказуємо відстань, яку необхідно обробити та генеруємо процес обробки (рис.4.7).

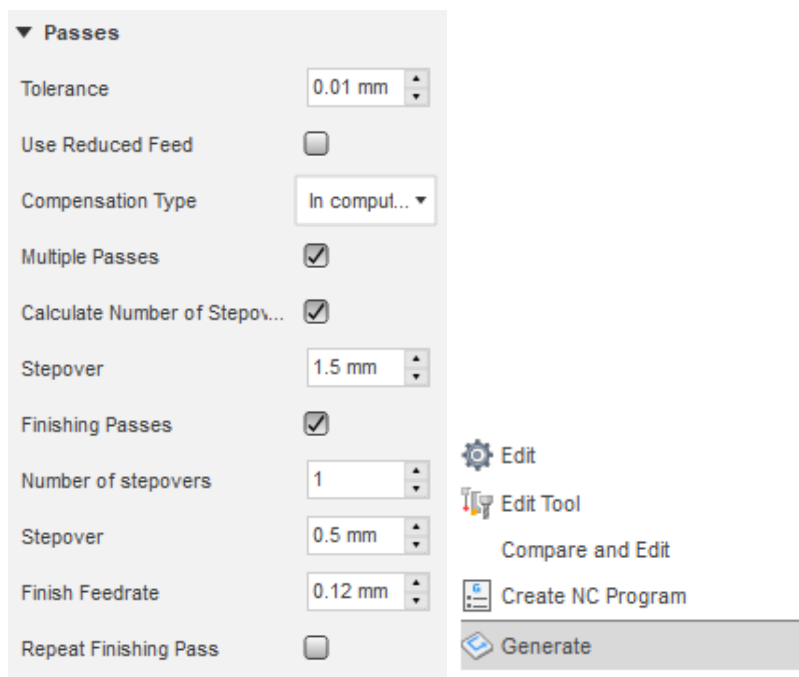


Рисунок 4.7 – Налаштування

Після генерації програма створює циклограму руху інструменту

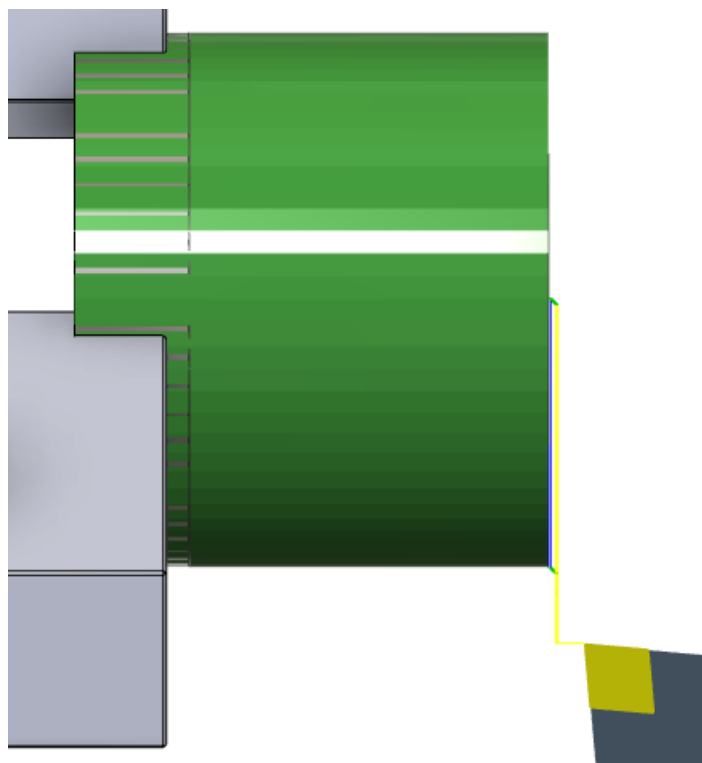


Рисунок 4.8— Циклограма руху інструменту

4.2.2 Перехід №2

Вибір операції (рис.4.9) та інструмента (рис.4.4) згідно технологічного маршруту

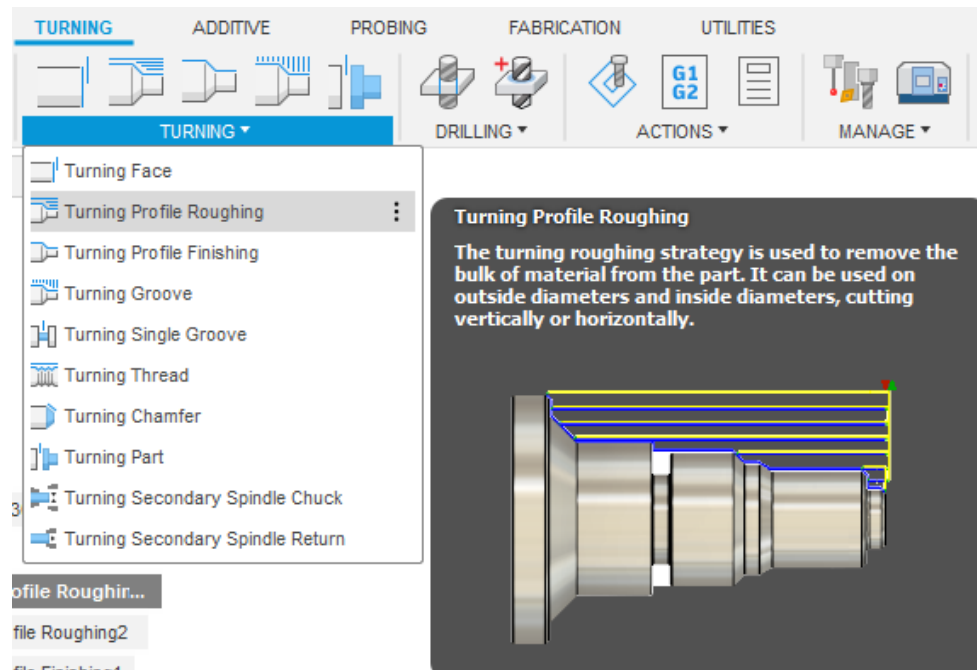


Рисунок 4.9 – Вибір операції №2

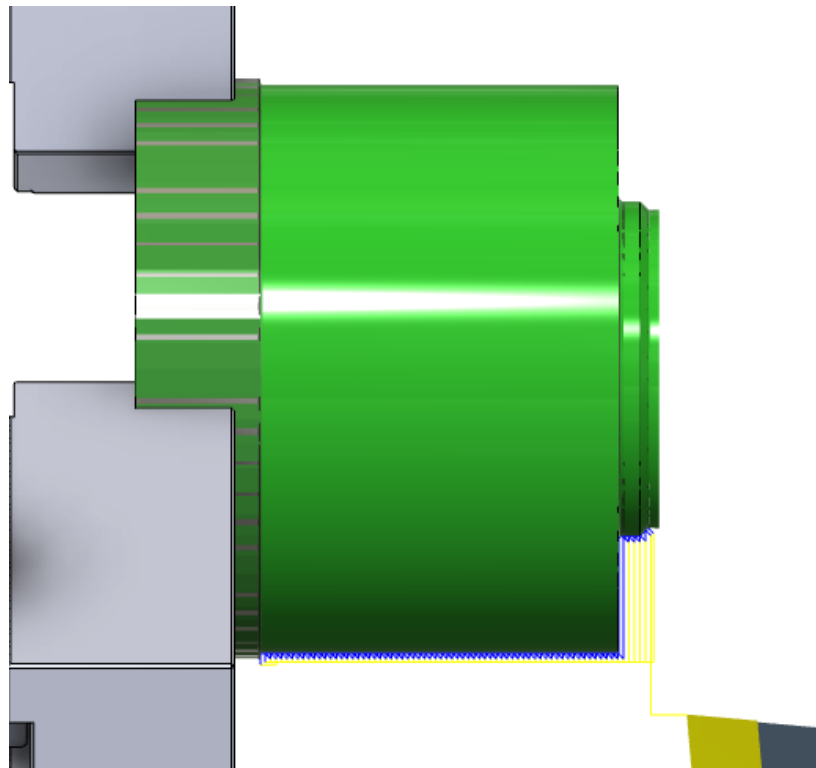


Рисунок 4.10 – Циклограма руху інструменту №2

4.2.3 Перехід №3

Вибір операції (рис.4.9) та інструмента (рис.4.4) згідно технологічного маршруту

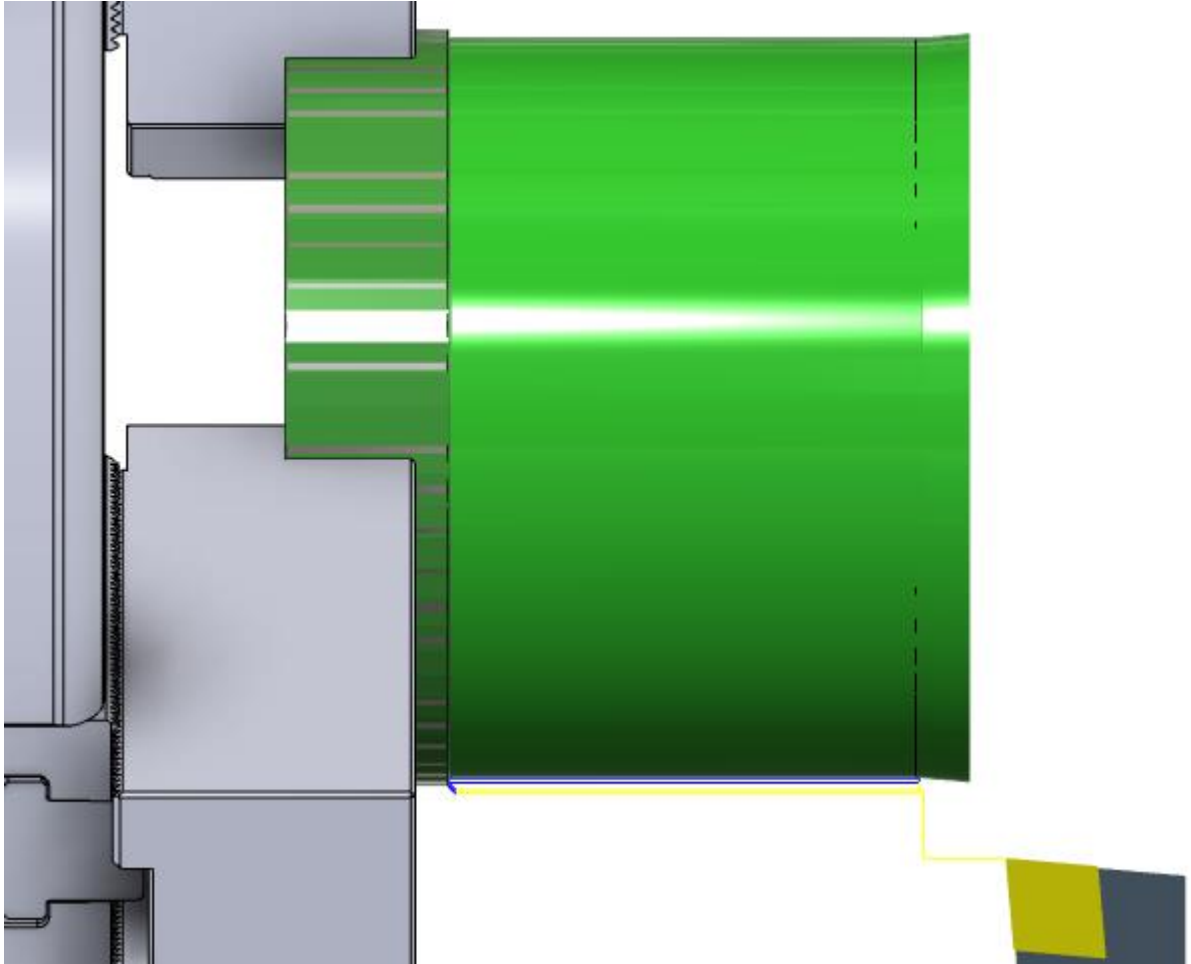


Рисунок 4.11 – Циклограма руху інструменту №2

4.2.4 Перехід №4

Вибір операції (рис.4.12) та інструмента (рис.4.4) згідно технологічного маршруту

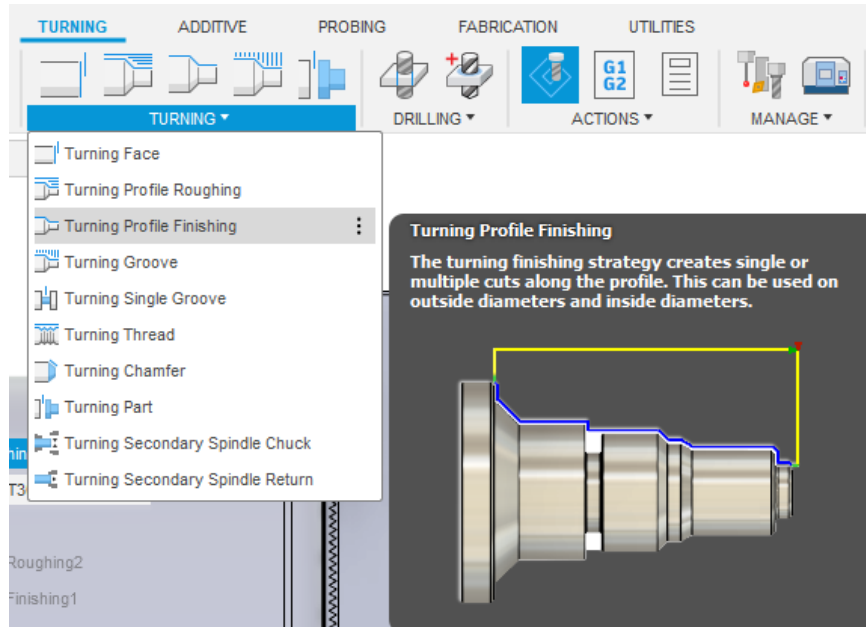


Рисунок 4.12 – Вибір операції №4

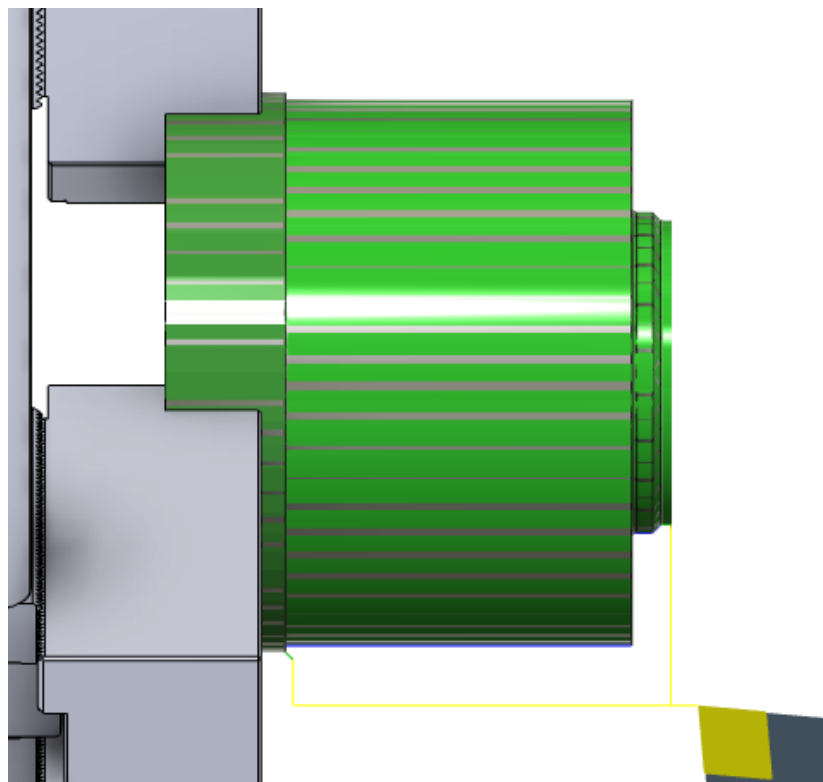


Рисунок 4.13 – Циклограма руху інструменту №4

4.2.5 Перехід №5

Вибір операції (рис.4.14) та інструмента (рис.4.15) згідно технологічного маршруту

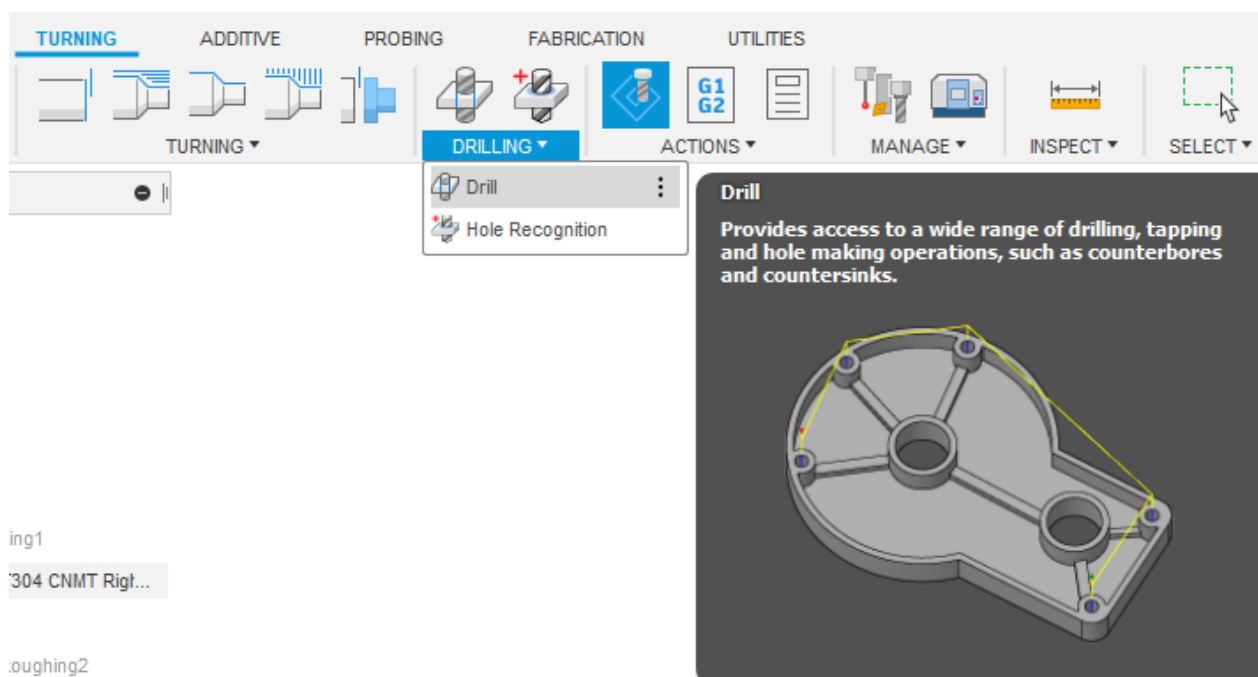


Рисунок 4.14 – Вибір операції №5

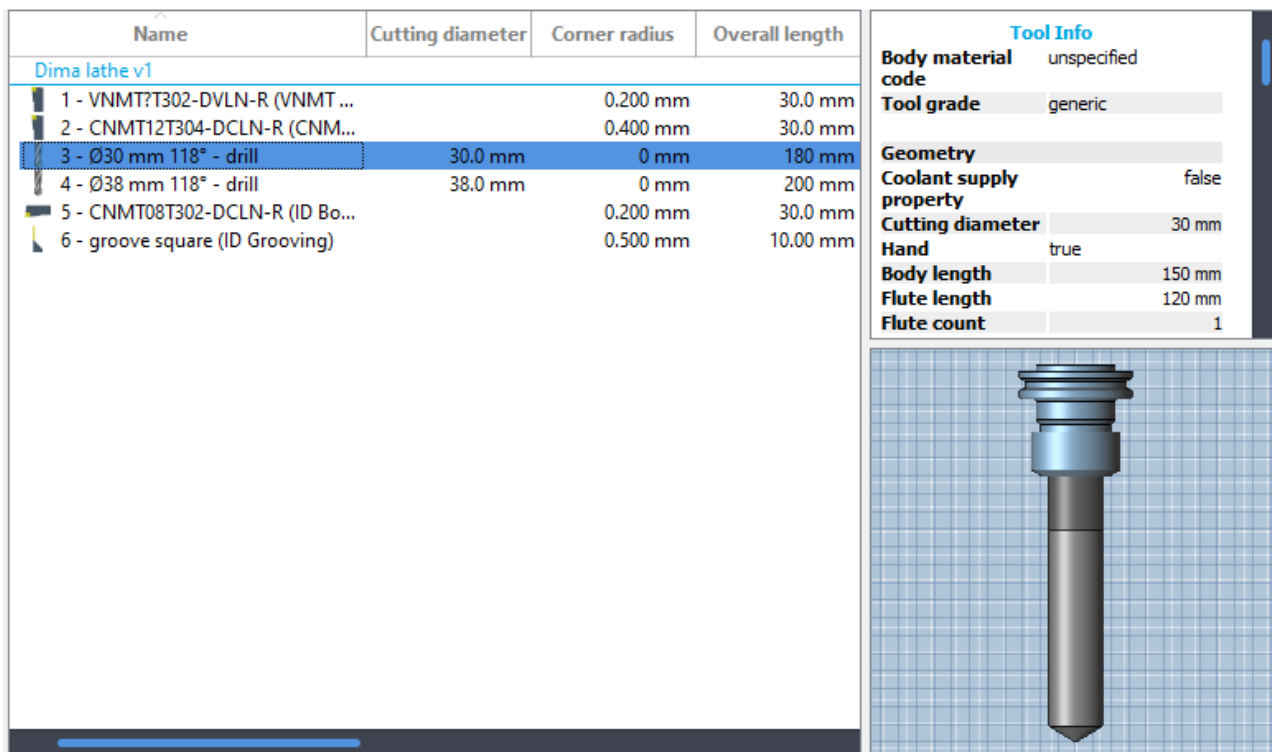


Рисунок 4.15 – Вибір інструменту №5

Вказуємо площини, в якій буде відбуватись обробка (рис.4.16) та (рис.4.17)

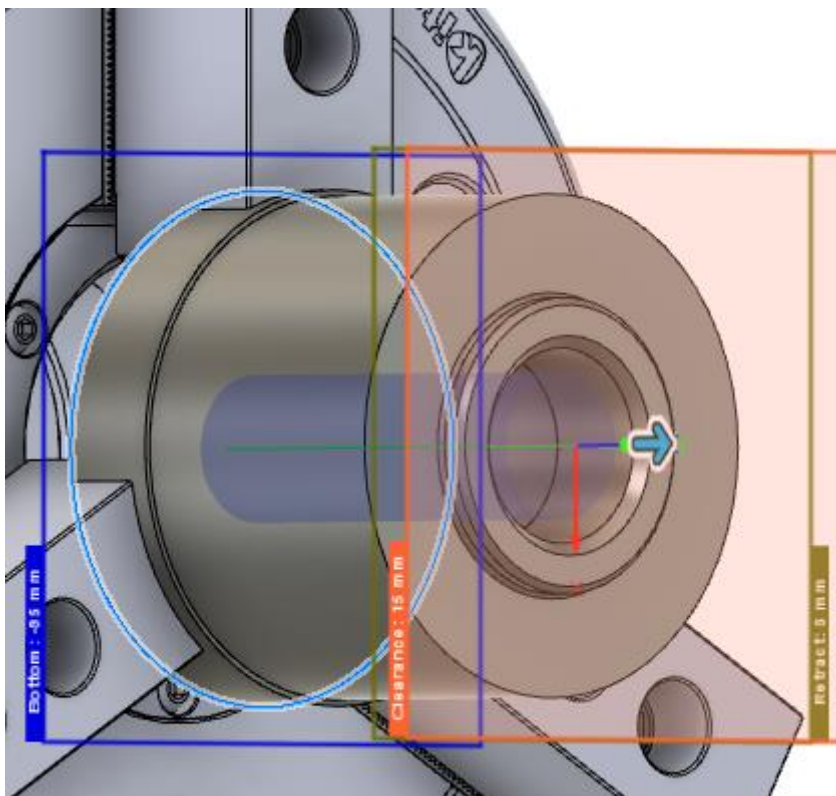


Рисунок 4.16 – Загальна площина на данному переході №5

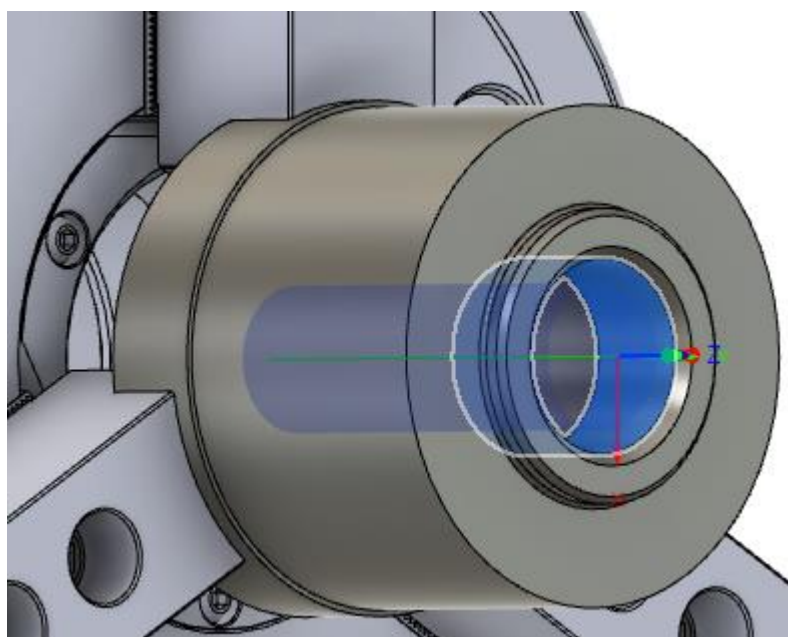


Рисунок 4.17 – Робоча площина на данному переході №5

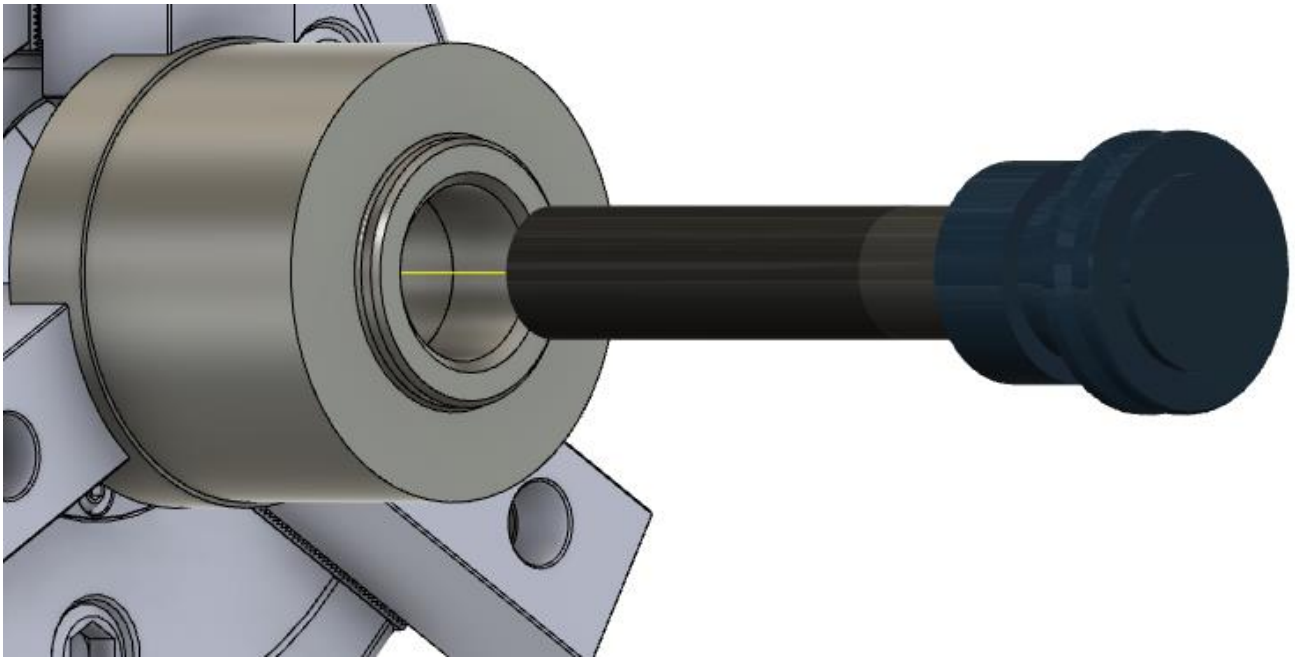


Рисунок 4.18 – Циклограма руху інструменту №5

4.2.6 Перехід №6

Вибір операції (рис.4.15) та інструмента (рис.4.19) згідно технологічного маршруту.

Name	Cutting diameter	Corner radius	Overall length
Dima lathe v1			
1 - VNMT?T302-DVLN-R (VNMT ...		0.200 mm	30.0 mm
2 - CNMT12T304-DCLN-R (CNM...		0.400 mm	30.0 mm
3 - Ø30 mm 118° - drill	30.0 mm	0 mm	180 mm
4 - Ø38 mm 118° - drill	38.0 mm	0 mm	200 mm
5 - CNMT08T302-DCLN-R (ID Bo...		0.200 mm	30.0 mm
6 - groove square (ID Grooving)		0.500 mm	10.00 mm

Tool Info

Body material unspecified

code

Tool grade generic

Geometry

Coolant supply false

property

Cutting diameter 38 mm

Hand true

Body length 200 mm

Flute length 140 mm

Flute count 1

Рисунок 4.19 – Вибір інструменту №6

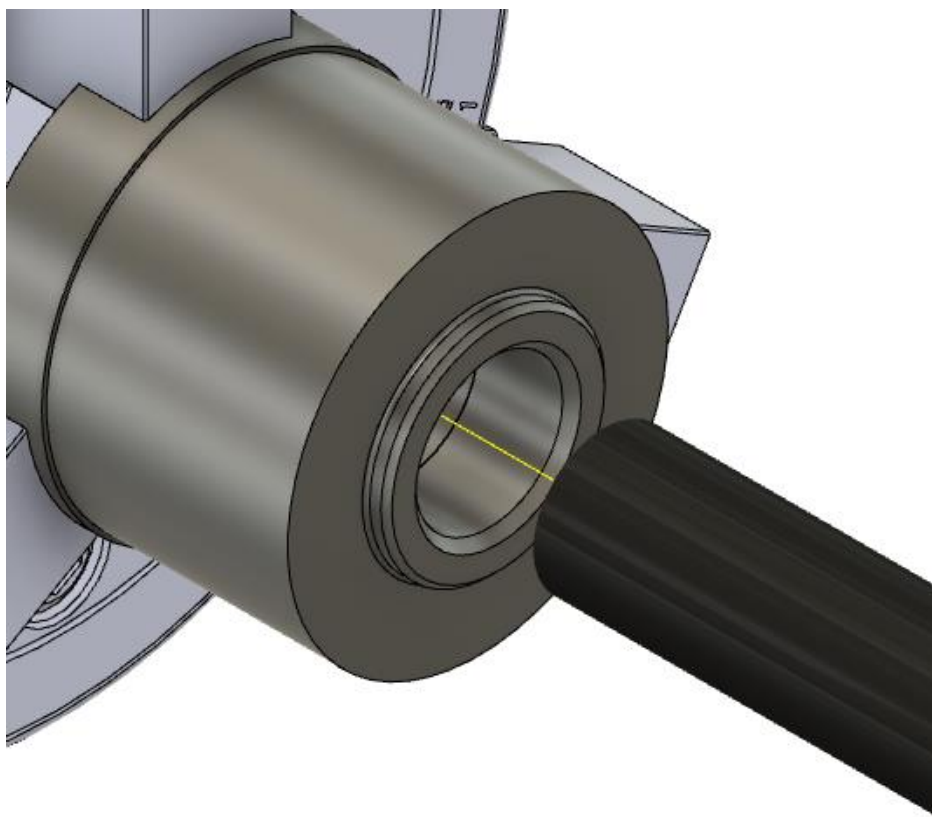


Рисунок 4.20 — Циклограма руху інструменту №6

4.2.6 Перехід №7

Вибір операції (рис.4.12) та інструмента (рис.4.21) згідно технологічного маршруту.

Name	Cutting diameter	Corner radius	Overall length
Dima lathe v1			
1 - VNMT7T302-DVLN-R (VNMT ...		0.200 mm	30.0 mm
2 - CNMT12T304-DCLN-R (CNM...		0.400 mm	30.0 mm
3 - Ø30 mm 118° - drill	30.0 mm	0 mm	180 mm
4 - Ø38 mm 118° - drill	38.0 mm	0 mm	200 mm
5 - CNMT08T302-DCLN-R (ID Bo...		0.200 mm	30.0 mm
6 - groove square (ID Grooving)		0.500 mm	10.00 mm

Tool Info

Body material code: carbide

ID Boring

Geometry

Insert included angle: 0 °

Insert diameter: 7.938 mm

Head length: 0 mm

Overall length: 30 mm

Relief angle: 0 °

Corner radius: 0.2 mm

Insert thickness: 3.969 mm

Insert shape code: C

Рисунок 4.21 — Вибір інструменту №7

Вказуємо площини, в якій буде відбуватись обробка (рис.4.22) та (рис.4.23)

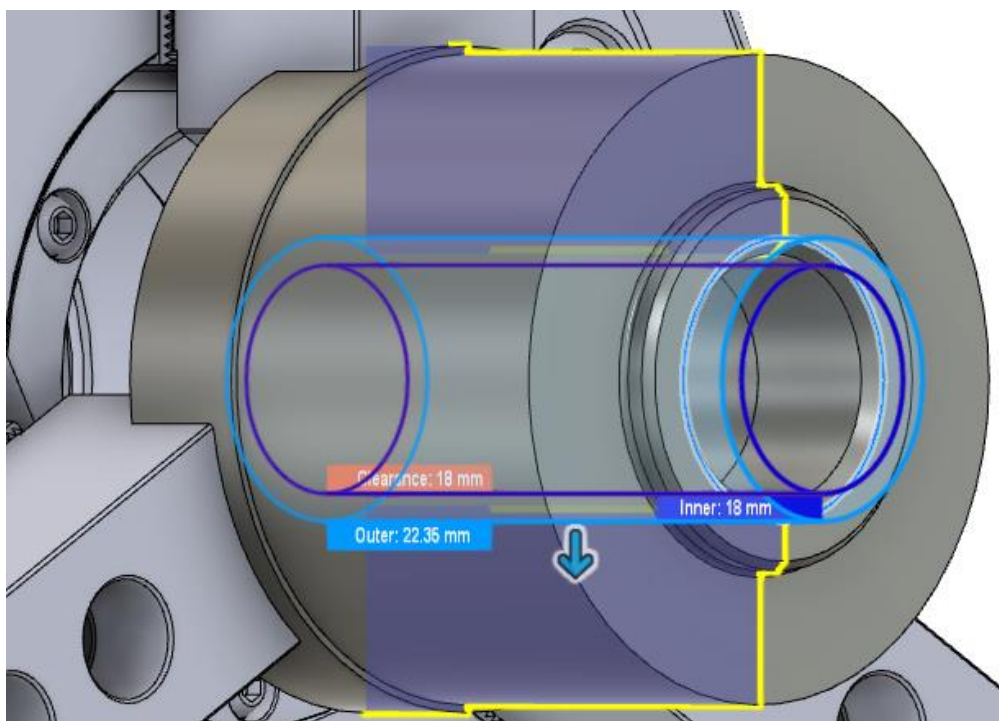


Рисунок 4.22— Загальна площина на данному переході №7

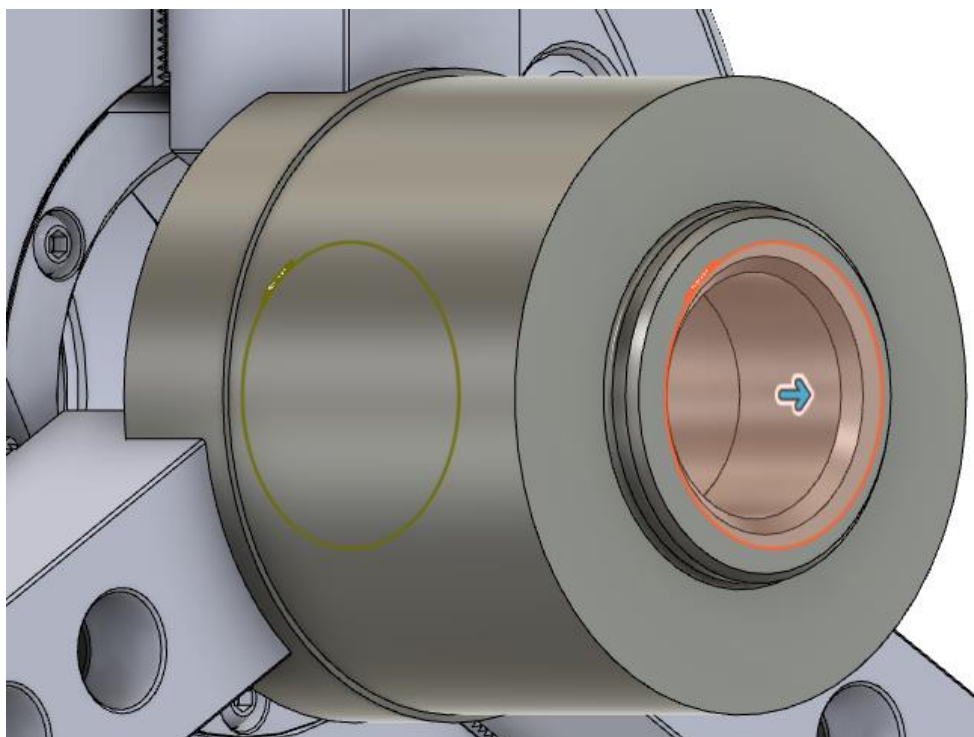


Рисунок 4.23— Робоча площина на данному переході №7

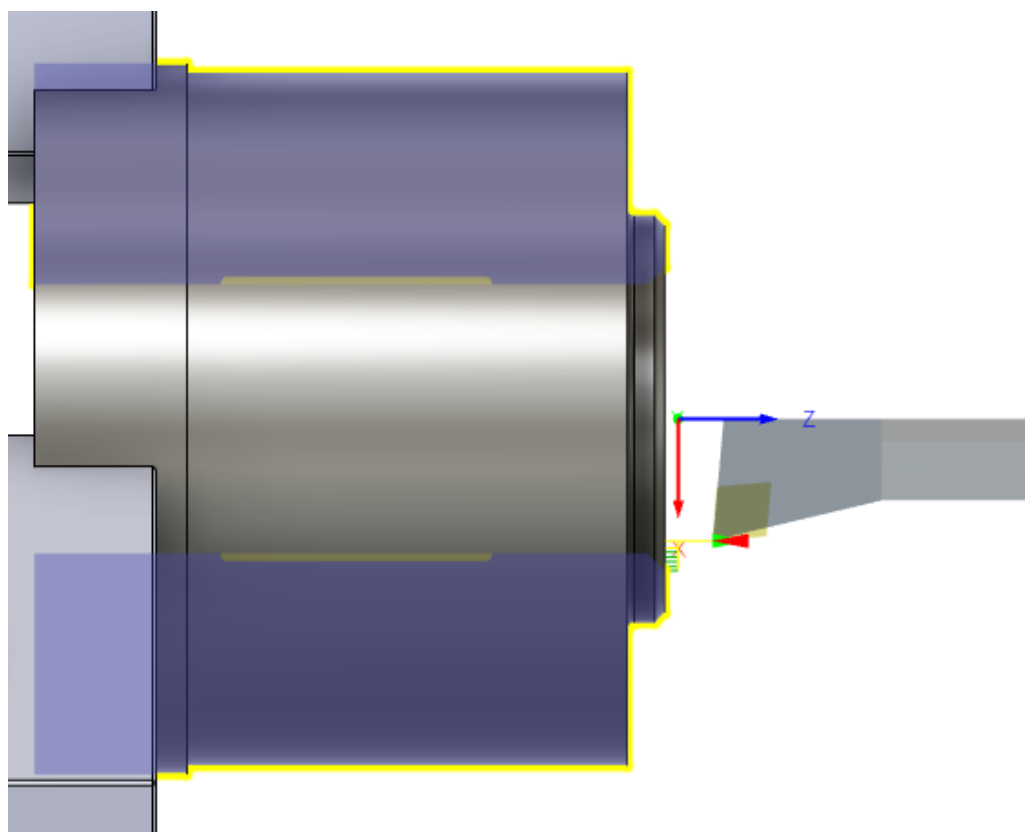


Рисунок 4.24 — Циклограма руху інструменту №7

4.2.8 Перехід №8

Вибір операції (рис.4.25) та інструмента (рис.4.26) згідно технологічного маршруту.

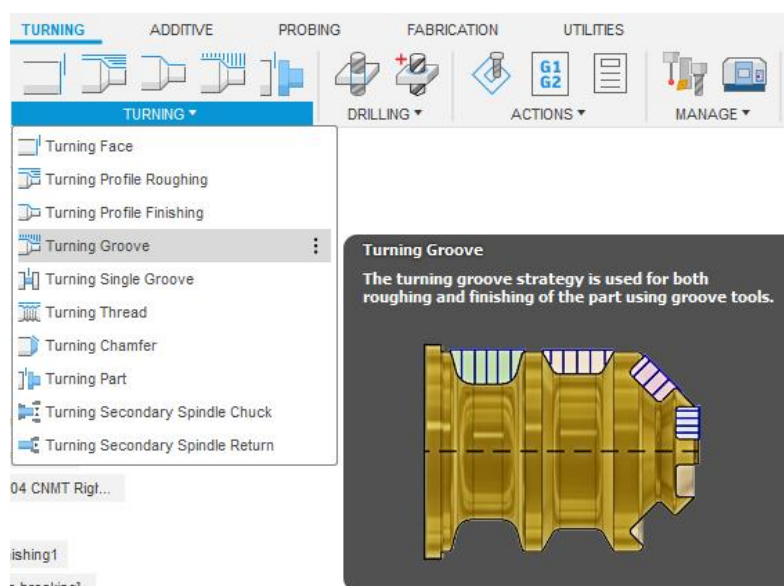


Рисунок 4.25 — Вибір операції №8

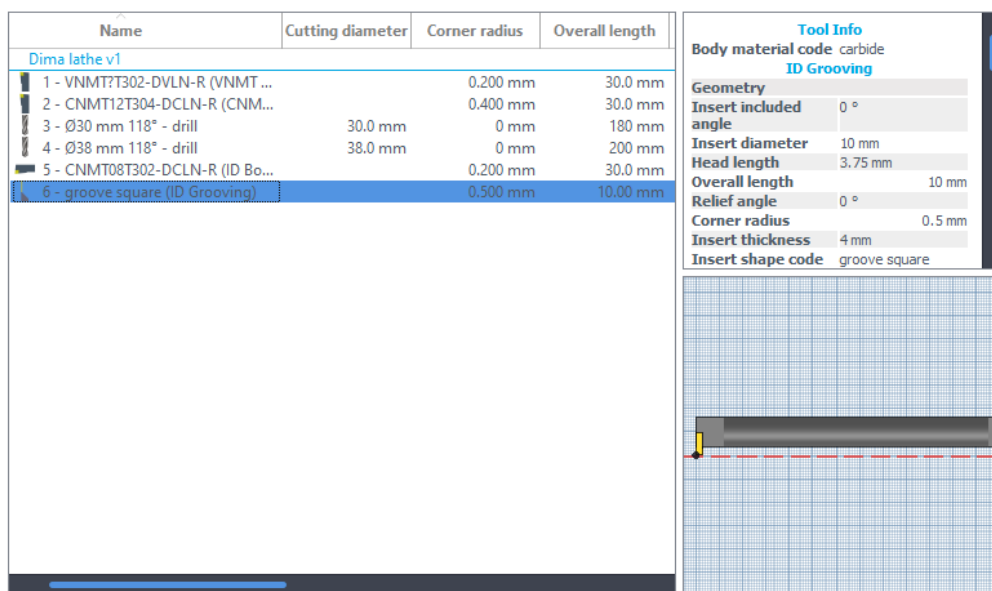


Рисунок 4.26 – Вибір інструменту №8

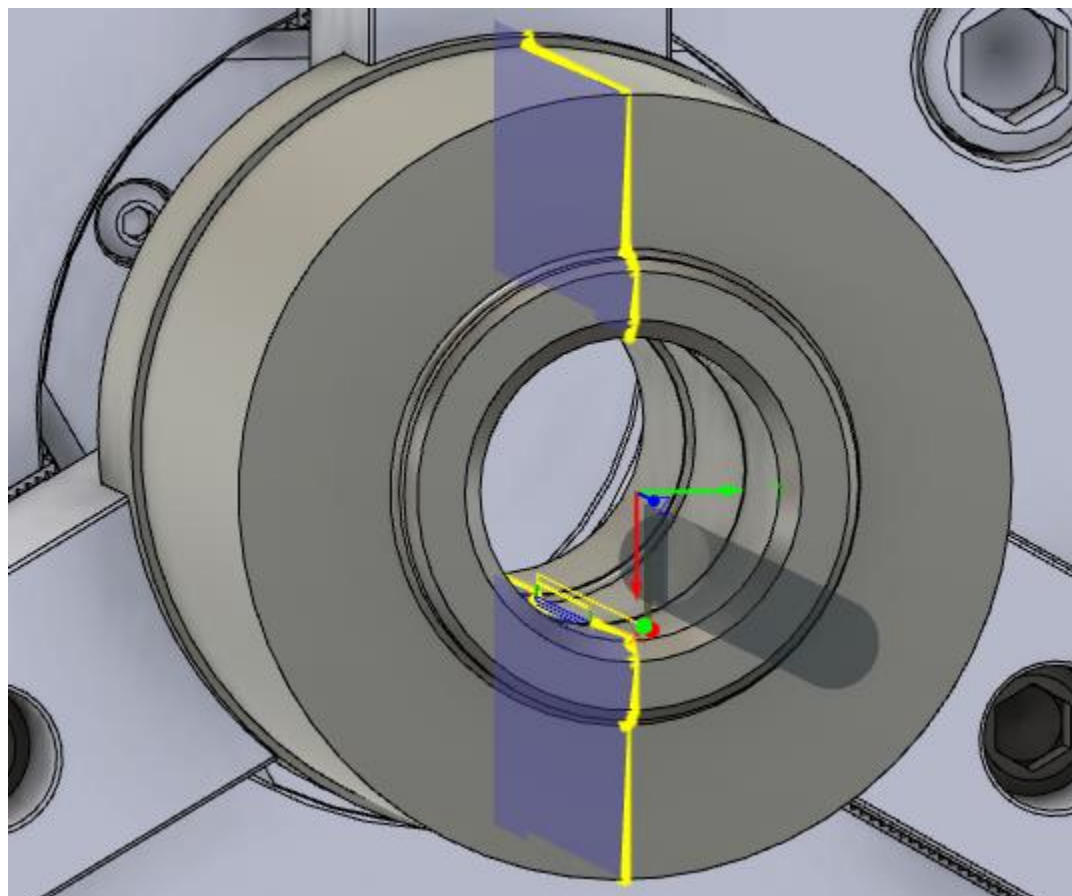


Рисунок 4.26 – Циклограма руху інструменту №8

Витяг коду та інші деталі наладки, з програми Autodesk Fusion 360 наведемо в додатках.

5 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРИСТОСУВАННЯ

У технологічному процесі виготовлення черв'ячної фрези, є 9 шліфувальних операцій. З яких 5 операцій, а саме шліфувально-затилювальні потребують правку шліфувального круга. Тому спроекуємо пристосування для правки шліфувального круга. Розглянемо більше детально причину у виникненні такої необхідності правки шліфувального круга.

В процесі експлуатації шліфувальні круги зношуються внаслідок їх механічної, теплової та хімічної взаємодії з оброблюваним матеріалом. Залежно від технологічних умов шліфування знос робочої поверхні круга (РПК) проявляється у вигляді притуплення ріжучих абразивних зерен, їх викришування, випадання зі зв'язки, забивання пор і міжзернового простору шламом, що складається з суміші абразивних частинок, стружки, твердих і рідких фракцій масел і парафінів, налипання (адгезії) металу на абразиві зерна [6].

Через це через деякий час роботи (період стійкості кола) шліфувальний круг втрачає ріжучу здатність або геометричну форму і не може виробляти подальшу обробку заготовок із заданими показниками. Для відновлення ріжучої здатності (форми) кола проводять правку його робочої поверхні за допомогою різних правлячих інструментів [6].

За призначенням правку поділяють на первинну, коли знову встановленому на верстат шліфувального круга надається необхідний профіль, і повторно-періодичні, коли для відновлення ріжучої здатності круга з його робочої поверхні знімається зношений шар глибиною близько 0,05...0,2 мм. Частота виконання повторних правок залежить від умов шліфування, шліфованого матеріалу заготовки та необхідної точності оброблюваних поверхонь [6].

Від раціонального вибору технології правки і правлячого інструменту в значній мірі залежить досягнення необхідної точності розмірів і шорсткості шліфованих поверхонь виробу [6].

Правлячі інструменти (алмазні та безалмазні) розрізняються потехнологічним призначенням, конструкції, габаритам, способам кріплення в правлячому пристосуванні, за методами і кинематичними особливостям редагування [6].

Технологічні методи правки шліфувальних кругів інструментами різних конструкцій можна розділити на механічні та спеціальні (наприклад, правка з використанням електричного струму) [6].

Механічні методи правки кіл включають правку обточування, шліфуванням і накатуванням [6].

Для правки нам необхідно пристосування яке буде багатофункціональне, а саме, яке зможе правити і звичайні шліфувальні круги простої форми (типу прямих), так і профільні шліфувальні круги більш складної форми (типу кутові та радіусні).

Тому візьмемо за основу пристрій правки шліфувального круга під кутом (рис.5.1) [13].

Правка кожної сторони круга 14 виконується за допомогою окремого алмазу 15. Пристосування закріплюється своєю основою 9 на столі 7 шліфувального верстату двома болтами 8. На основу пристосування встановлюють плиту 2, яка може повертатись навколо осі на кут, відповідно потрібному куту профілювання, відраховується по шкалі 6 основи 9. Плита 2, закріплена в потрібному положенні болтами 1, оснащена алмазотримачами 13. Головки болтів 1 знаходяться в кільцевих Т-подібних пазах на основі 9.

Верхня стінка отвіру для алмазотримача розрізана, що дає можливість компенсувати знос його трьома натяжними гвинтами 5 і опорними гвинтами 3. В паз 4 вкладається повстяна прокладка оберігаючи, від попадання в отвір бруду та абразивного пилу. Подача алмазотримача до шліфувального круга виконується гвинтом 11, обертаючим маховиком 10. Алмазотримач в отвір направляється шпонкою 12.

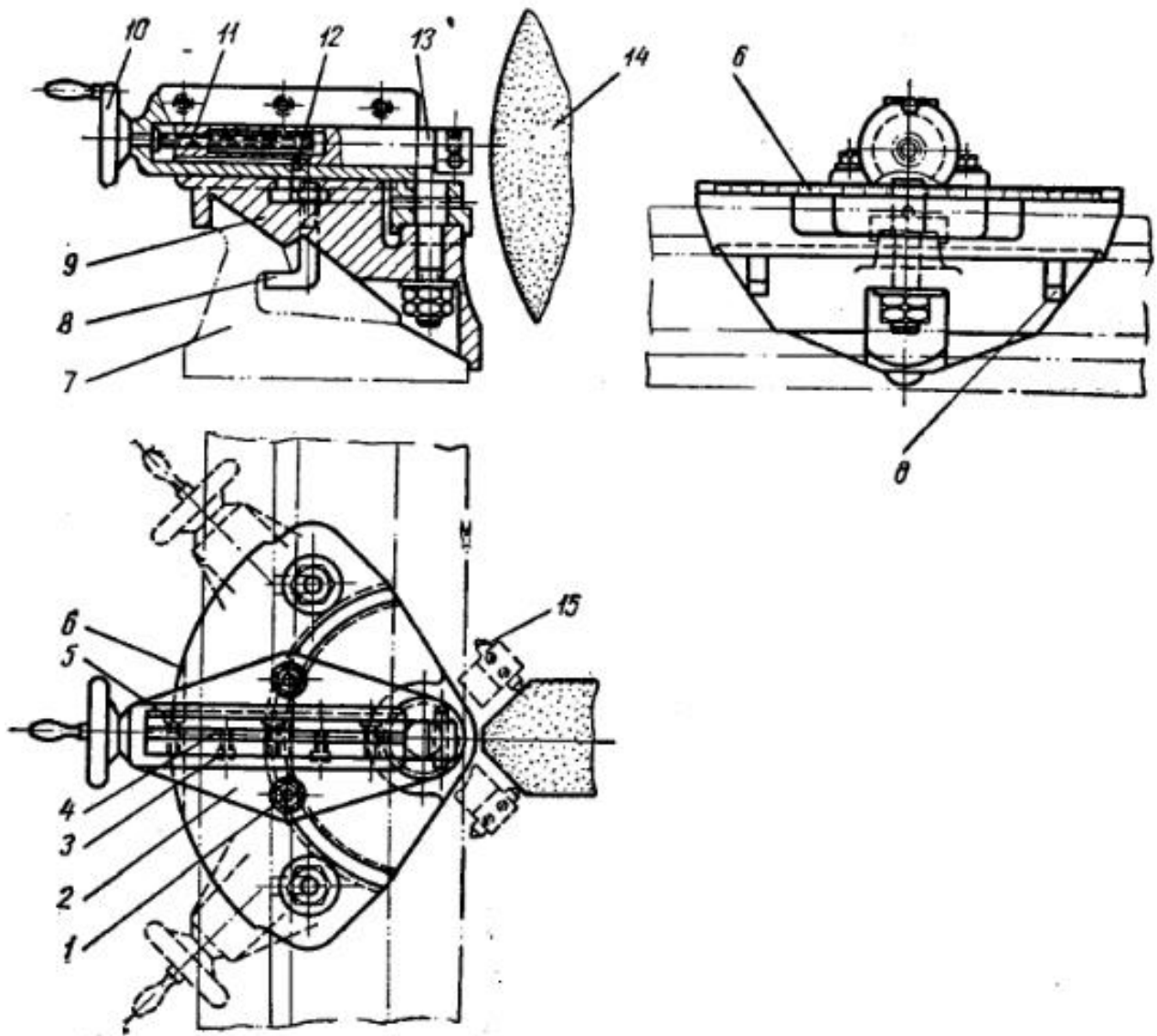
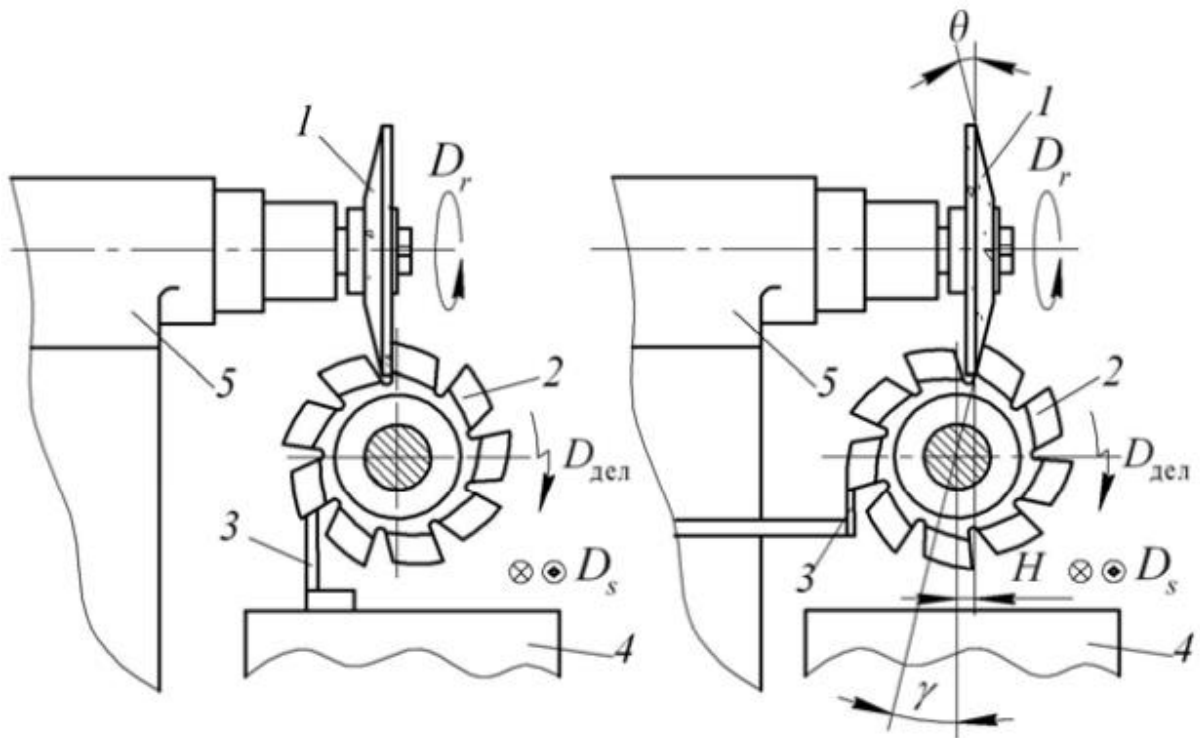


Рисунок 5.1 – Пристосування для правки круга під кутом [13]

6 ПОНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ІНСТРУМЕНТУ

У машинобудуванні широко поширені черв'ячні зуборізні фрези. Вони являють собою різновид фрез з затилованими зубами, переточка яких проводиться виключно по передній поверхні (рис.6.1).



а) при $\gamma = 0$

б) при $\gamma > 0$

Рисунок 6.1 - Схеми переточувань фрез по передній поверхні

1 - шліфувальний круг; 2 - фреза; 3 - упорка;

4 - стіл верстату; 5 - шліфувальна головка.

Переточку черв'ячних фрез виконують на спеціалізованих заточувальних верстатах з ручним або автоматичним керуванням, на універсально-заточувальних верстатах із застосуванням спеціальних пристосувань, а також на спеціальних шліфувально-заточувальних центрах з ЧПК, призначених для заточування черв'ячних фрез. Шліфувально-заточувальні центри забезпечують заточку насадних і хвостових та одно- і багато-західних фрез в автоматичному режимі [6].

Переточування виконують конічної поверхнею шліфувальних кругів типів 12, 12V5, 4V9. Фреза, встановлена на центровій оправці, разом зі столом верстата здійснює зворотно-поступальні рухи з взаємопов'язаним одночасним поворотом для освіти гвинтової поверхні. Шліфувальну головку розгортають на кут установки ω_1 , що відрізняється на $1...2^\circ$ від кута нахилу гвинтової лінії стружкової канавки [6].

Для забезпечення необхідного переднього кута γ робочу поверхню шліфувального круга розташовують так, щоб утворююча конічна поверхня круга перебувала в площині, що проходить через вісь фрези (при $\gamma = 0$), або відстояла від цієї площини на величину H , яка визначається за формулою [6]

$$H = \frac{D_\phi}{2} \operatorname{tg} \alpha_n \cos \omega \quad (6.1)$$

де, D_ϕ – зовнішній діаметр фрези;

α_n – нормальний задній кут;

ω – кут підйому канавки.

Рух поділу забезпечують за допомогою ділильного диска. На верстаті з ЧПК рух ділення проводиться за допомогою керованого повороту A навколо осі X [6].

Особливістю конструкції черв'ячних фрез, полягає в тому, що ріжучі зуби розташовуються, як правило, по гвинтовій лінії, а передні поверхні, утворені гвинтовими канавками, являють собою гвинтові поверхні: при $\gamma = 0$ - прямий гелікоїд, при $\gamma > 0$ - конволютну кручені поверхню [6].

Кут підйому гвинтової канавки на середньому діаметрі фрези менше кута підйому гвинтової канавки для точок профілю на вершині зуба і більше для точок профілю в западині зуба. Внаслідок цього передні поверхні зуба є не площину, а повторюють форму Архімедової спіралі [6].

Тому в процесі переточування черв'ячної фрези шліфувальним кругом з плоскою або конічною робочою поверхнею передня поверхня зуба фрези не виходить плоскою, а набуває опуклості з відхиленням f_p (рис.6.2) [6].

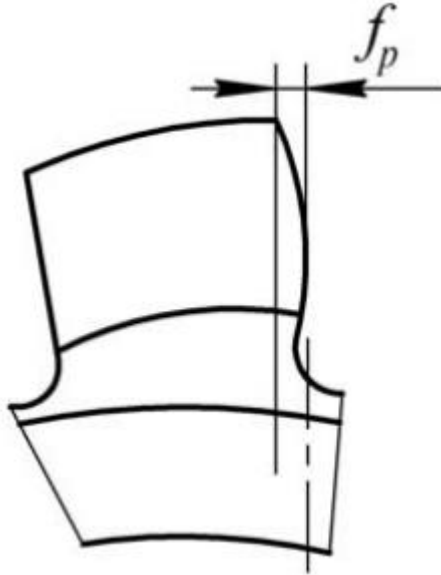


Рисунок 6.2 – Відхилення профілю передньої поверхні

Величина опуклості залежить від діаметра шліфувального круга і кута нахилу стружкової канавки ω . Зі збільшенням кута ω похибка f_p зростає, що негативно позначається на точності профілю зуба фрези, а в підсумку на точності профілю зуба колеса, що нарізається [6].

Значна похибка f_p виникає при переточуванні конічною поверхнею шліфувального круга багатозахідних фрез з малим зовнішнім діаметром і черв'ячних фрез з великим кутом нахилу гвинтових стружкових канавок [6].

Зниження опуклості передньої поверхні і, відповідно, похибки f_p можна досягти:

- зменшенням зовнішнього діаметра застосовуваного шліфувального круга з конічною робочою поверхнею;

- збільшенням кута профілю θ шліфувального круга тарілчатої форми 12, 12V5, 4V9 і ін. шляхом підбору типу кола або його правкою;
- формуванням при правці на конічній поверхні круга тарілчатої форми радіусної утворює замість прямолінійною[6].

Кількість переточування черв'ячної фрези в процесі її експлуатації лімітується необхідністю збереження допустимих розмірів профілю зубів і визначається за формулою [6]

$$k_{\pi} = \frac{pr_a}{Z_n} \cdot \frac{\psi_r}{180} \quad (6.2)$$

де, r_a – радіус по вершинах зубів фрези;

ψ_r – кут між передньою поверхнею і вихідною площиною зуба;

Z_n – товщина шару металу на передній поверхні, що видаляється за одну заточку;

p – осьовий крок зубів фрези.

ВИСНОВКИ

Виготовлення деталі зірочка є відповідальним завданням у машинобудуванні, так як це найважливіший елемент ланцюгової передачі, що слугує для передачі крутного моменту. Під час роботи цей елемент має серйозні навантаження, тому в основному для виготовлення вживають спеціальні вуглецеві і леговані сталі з добавками марганцю, хрому, молібдену, нікелю, які забезпечують необхідну твердість, межу плинності і в'язкості.

Для посилення найбільш «слабких» ланок (зубів) використовується загартовування СВЧ до твердості 40 HRC і вище, загальна термообробка. Крім цього, може проводитися оцинкування або фосфатування для захисту поверхні від корозії і агресивних середовищ. Будь-які відхилення профілю зубців неприпустимі. Крім того, елемент перевіряється на деформації, наявність тріщин, раковин і інших дефектів (візуальний контроль, ультразвуковий контроль, кольорова дефектоскопія).

Точність виготовлення зірочки, забезпечує мінімальний, рівень шуму при роботі передачі. Існує кілька способів виготовлення зірочок, проте найчастіше застосовують фрезерування на зубофрезерних верстатах. Тут практично НЕ потрібна участь людини, а операція займає мінімум часу. За допомогою черв'ячної фрези проводиться її обробка-нарізка. Профіль зубів зірочки формується фрезою методом обкатки.

У разі нестандартних або імпортних кроків, діаметрів роликів, можливе застосування високоточних фрезерних верстатів з ЧПК. Вони дозволяють виготовити зірочки з будь-яким кроком і діаметром ролика. Готовий виріб не вимагає додаткової обробки і відразу може вживатися за призначенням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зірочка (техніка) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурса: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D1%96%D1%80%D0%BE%D1%87%D0%BA%D0%B0_\(%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D1%96%D1%80%D0%BE%D1%87%D0%BA%D0%B0_(%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0)) .
2. Ланцюгова передача [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурса: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%8E%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B0 .
3. Обробка зубчастих коліс [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурса: <https://buklib.net/books/36341/>
4. Методичні вказівки з дисципліни «Різальний інструмент та інструментальне забезпечення автоматизованого виробництва». Фрези черв'ячні для деталей прямобічного профілю. / Уклад.: В.І. Солодкий. – 2010. – 64с.
5. Проектирование зуборезного инструмента [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурса: <https://studfile.net/preview/6021638/>
6. Малышев, В.И. Технология изготовления режущего инструмента : учеб. пособие / В.И. Малышев. – 2-е изд., стер. –Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 368 с. : пер.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 656 с., ил
8. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 496 с., ил
9. ГСССД 9-79 Таблицы стандартных справочных данных [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурса: <http://docs.cntd.ru/document/1200093817>
10. Паспортні дані верстата FBL-300L.
11. Паспортні дані верстата 7532.
12. Кашук В.А., Верецагин А.Б. Справочник шлифовщика. – М.: Машиностроение, 1988. - 480 с: ил.
13. Энциклопедия по машиностроению XXL [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурса: <https://mashxxl.info/page/086015172185207046030075201173101146090132200118/>

ДОДАТКИ

Setup Sheet for Program 1001

JOB DESCRIPTION: Setup1

DOCUMENT PATH: Dima lathe v13

Setup

WCS: #0

STOCK:

DX: 105mm

DY: 105mm

DZ: 95mm

PART:

DX: 105mm

DY: 105mm

DZ: 93mm

STOCK LOWER IN WCS #0:

X: -52.5mm

Y: -52.5mm

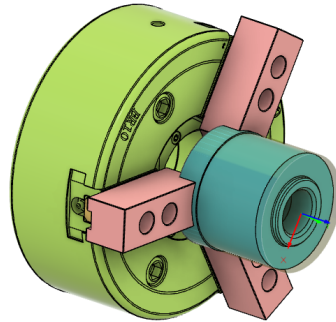
Z: -95mm

STOCK UPPER IN WCS #0:

X: 52.5mm

Y: 52.5mm

Z: 0mm



Total

NUMBER OF OPERATIONS: 8

NUMBER OF TOOLS: 5

TOOLS: T2 T3 T4 T5 T6

MAXIMUM Z: 15mm

MINIMUM Z: -108.42mm

MAXIMUM FEEDRATE: 600mm/min

MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm

CUTTING DISTANCE: 1075.51mm

RAPID DISTANCE: 1426.86mm

ESTIMATED CYCLE TIME: 24m:56s

Tools

T2 D0

TYPE: general turning

INSERT: ISO C 80deg

EDGE LENGTH: 12.9mm

NOSE RADIUS: 0.4mm

CROSS SECTION: T

TOLERANCE: M

RELIEF: N 0deg

COMPENSATION: Tip tangent

DESCRIPTION: CNMT Right Hand

MINIMUM Z: -72.5mm

MAXIMUM FEED: 600mm/min

MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm

CUTTING DISTANCE: 506.36mm

RAPID DISTANCE: 626.66mm

ESTIMATED CYCLE TIME: 13m:35s (54.5%)

HOLDER: ISO L Right



T3 D3 L3

TYPE: drill LIVE

DIAMETER: 30mm

TIP ANGLE: 118°

LENGTH: 150mm

FLUTES: 1

MINIMUM Z: -106.01mm

MAXIMUM FEED: 43mm/min

MAXIMUM SPINDLE SPEED: 170rpm

CUTTING DISTANCE: 115.34mm

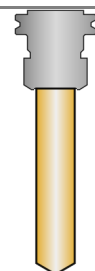
RAPID DISTANCE: 271.09mm

ESTIMATED CYCLE TIME: 2m:44s (11%)

HOLDER: Maritool CAT40-ER32-2.35

VENDOR: Maritool

PRODUCT: CAT40-ER32-2.35



T4 D4 L4

TYPE: drill LIVE

DIAMETER: 38mm

TIP ANGLE: 118°

LENGTH: 200mm

FLUTES: 1

MINIMUM Z: -108.42mm

MAXIMUM FEED: 44mm/min

MAXIMUM SPINDLE SPEED: 200rpm

CUTTING DISTANCE: 108.92mm

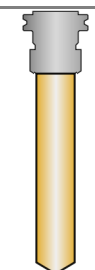
RAPID DISTANCE: 137.92mm

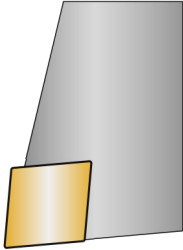
ESTIMATED CYCLE TIME: 2m:30s (10%)






HOLDER: Maritool CAT40-ER32-2.35

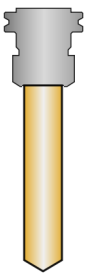
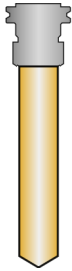
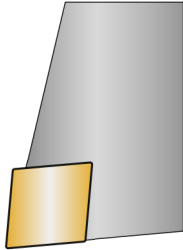
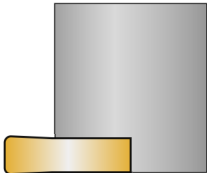
VENDOR: Maritool

PRODUCT: CAT40-ER32-2.35



T5 D0			
TYPE: boring turning	MINIMUM Z: -96.81mm	HOLDER: Boring bar ISO L Right	
INSERT: ISO C 80deg	MAXIMUM FEED: 79.577mm/min		
EDGE LENGTH: 8.06mm	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm		
NOSE RADIUS: 0.2mm	CUTTING DISTANCE: 210.7mm		
CROSS SECTION: T	RAPID DISTANCE: 221.99mm		
TOLERANCE: M	ESTIMATED CYCLE TIME: 2m:57s (11.8%)		
RELIEF: N 0deg			
COMPENSATION: Tip tangent			
DESCRIPTION: ID Boring			
T6 D0			
TYPE: groove turning	MINIMUM Z: -67.5mm	HOLDER: Internal Right	
INSERT: Square	MAXIMUM FEED: 84.259mm/min		
WIDTH: 3mm	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm		
NOSE RADIUS: 0.5mm	CUTTING DISTANCE: 134.2mm		
COMPENSATION: Tip tangent	RAPID DISTANCE: 169.19mm		
DESCRIPTION: ID Grooving	ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:55s (7.7%)		

Operations			
Operation 1/8		T2 D0	
DESCRIPTION: Face1	MAXIMUM Z: 5mm	TYPE: general turning	
STRATEGY: Turning Face	MINIMUM Z: -2mm	INSERT: ISO C 80deg	
WCS: #0	SURFACE SPEED: 90m/min	EDGE LENGTH: 12.9mm	
TOLERANCE: 0.01mm	FEEDRATE PER REV: 0.12mm	NOSE RADIUS: 0.4mm	
MAXIMUM STEPOVER: 1.5mm	CUTTING DISTANCE: 120.97mm	CROSS SECTION: T	
	RAPID DISTANCE: 144.14mm	TOLERANCE: M	
	ESTIMATED CYCLE TIME: 2m:1s (8.1%)	RELIEF: N 0deg	
	COOLANT: Flood	COMPENSATION: Tip tangent	
		DESCRIPTION: CNMT Right Hand	
Operation 2/8		T2 D0	
DESCRIPTION: Profile Roughing1	MAXIMUM Z: 5mm	TYPE: general turning	
WCS: #0	MINIMUM Z: -7.5mm	INSERT: ISO C 80deg	
TOLERANCE: 0.01mm	SURFACE SPEED: 90m/min	EDGE LENGTH: 12.9mm	
MAXIMUM STEPOVER: 1mm	FEEDRATE PER REV: 0.12mm	NOSE RADIUS: 0.4mm	
	CUTTING DISTANCE: 152.48mm	CROSS SECTION: T	
	RAPID DISTANCE: 185.1mm	TOLERANCE: M	
	ESTIMATED CYCLE TIME: 3m:38s (14.6%)	RELIEF: N 0deg	
	COOLANT: Flood	COMPENSATION: Tip tangent	
		DESCRIPTION: CNMT Right Hand	
Operation 3/8		T2 D0	
DESCRIPTION: Profile Roughing2	MAXIMUM Z: 5mm	TYPE: general turning	
WCS: #0	MINIMUM Z: -72.35mm	INSERT: ISO C 80deg	
TOLERANCE: 0.01mm	SURFACE SPEED: 90m/min	EDGE LENGTH: 12.9mm	
MAXIMUM STEPOVER: 1mm	FEEDRATE PER REV: 0.12mm	NOSE RADIUS: 0.4mm	
	CUTTING DISTANCE: 135.13mm	CROSS SECTION: T	
	RAPID DISTANCE: 174.3mm	TOLERANCE: M	
	ESTIMATED CYCLE TIME: 4m:6s (16.4%)	RELIEF: N 0deg	
	COOLANT: Flood	COMPENSATION: Tip tangent	
		DESCRIPTION: CNMT Right Hand	
Operation 4/8		T2 D0	
DESCRIPTION: Profile Finishing1	MAXIMUM Z: 5mm	TYPE: general turning	
WCS: #0	MINIMUM Z: -72.5mm	INSERT: ISO C 80deg	
TOLERANCE: 0.01mm	SURFACE SPEED: 95m/min	EDGE LENGTH: 12.9mm	
MAXIMUM STEPOVER: 1mm	FEEDRATE PER REV: 0.08mm	NOSE RADIUS: 0.4mm	
	CUTTING DISTANCE: 97.78mm	CROSS SECTION: T	
	RAPID DISTANCE: 123.12mm	TOLERANCE: M	
	ESTIMATED CYCLE TIME: 3m:50s (15.4%)	RELIEF: N 0deg	
	COOLANT: Flood	COMPENSATION: Tip tangent	
		DESCRIPTION: CNMT Right Hand	

Operation 5/8 DESCRIPTION: Drill1 STRATEGY: Drilling WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm	MAXIMUM Z: 15mm MINIMUM Z: -106.01mm MAXIMUM SPINDLE SPEED: 170rpm MAXIMUM FEEDRATE: 43mm/min CUTTING DISTANCE: 115.34mm RAPID DISTANCE: 271.09mm ESTIMATED CYCLE TIME: 2m:44s (11%) COOLANT: Off	T3 D3 L3 TYPE: drill LIVE DIAMETER: 30mm TIP ANGLE: 118° LENGTH: 150mm FLUTES: 1	
Operation 6/8 DESCRIPTION: Drill1 (2) STRATEGY: Drilling WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm	MAXIMUM Z: 15mm MINIMUM Z: -108.42mm MAXIMUM SPINDLE SPEED: 200rpm MAXIMUM FEEDRATE: 44mm/min CUTTING DISTANCE: 108.92mm RAPID DISTANCE: 137.92mm ESTIMATED CYCLE TIME: 2m:30s (10%) COOLANT: Off	T4 D4 L4 TYPE: drill LIVE DIAMETER: 38mm TIP ANGLE: 118° LENGTH: 200mm FLUTES: 1	
Operation 7/8 DESCRIPTION: Profile Finishing4 WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm MAXIMUM STEPOVER: 0.5mm	MAXIMUM Z: 5mm MINIMUM Z: -96.81mm SURFACE SPEED: 90m/min FEEDRATE PER REV: 0.1mm CUTTING DISTANCE: 210.7mm RAPID DISTANCE: 221.99mm ESTIMATED CYCLE TIME: 2m:57s (11.8%) COOLANT: Flood	T5 D0 TYPE: boring turning INSERT: ISO C 80deg EDGE LENGTH: 8.06mm NOSE RADIUS: 0.2mm CROSS SECTION: T TOLERANCE: M RELIEF: N 0deg COMPENSATION: Tip tangent DESCRIPTION: ID Boring	
Operation 8/8 DESCRIPTION: Groove2 STRATEGY: Turning Profile Groove WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm STOCK TO LEAVE: 0mm MAXIMUM STEPOVER: 0.5mm	MAXIMUM Z: 5mm MINIMUM Z: -67.5mm SURFACE SPEED: 90m/min FEEDRATE PER REV: 0.1mm CUTTING DISTANCE: 134.2mm RAPID DISTANCE: 169.19mm ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:55s (7.7%) COOLANT: Flood	T6 D0 TYPE: groove turning INSERT: Square WIDTH: 3mm NOSE RADIUS: 0.5mm COMPENSATION: Tip tangent DESCRIPTION: ID Grooving	

; %_N_1001_MPF	N40 G96 S90 M3	N75 G18 G3 X60.6 Z-6.9 K0.45
N10 G90 G94 G18	N41 LIMS=5000	N76 G1 Z-6.5
N11 G71	N42 G0 Z-1.5	N77 X62.6 Z-5.5
N12 LIMS=6000	N43 X106.	N78 G0 X106.
N13 G53 G0 X0.	N44 Z-2.5	N79 Z-1.5
	N45 G1 X58.256 F0.12	N80 X125.
; Face1	N46 X57.49 Z-2.117	N81 Z5
N14 T2 D1	N47 Z-2	N82 G97 S229 M3
N15 G54	N48 X59.49 Z-1	
N16 M8	N49 G0 X106.	; Profile Roughing2
N17 G95	N50 Z-3.5	N83 G95
N18 G97 S212 M3	N51 G1 X60.256 F0.12	N84 G97 S229 M3
N19 G0 X135. Z5	N52 X58.256 Z-2.5	N85 G0 X125. Z5
N20 G96 S90 M3	N53 X60.256 Z-1.5	N86 G96 S90 M3
N21 LIMS=5000	N54 G0 X106.	N87 LIMS=5000
N22 G0 Z-0.086	N55 Z-4.5	N88 G0 Z-6.5
N23 X115.	N56 G1 X60.6 F0.12	N89 X106.
N24 G1 X107.828 F0.12	N57 Z-3.672	N90 Z-7
N25 X105. Z-1.5	N58 X60.256 Z-3.5	N91 X104.
N26 X-0.8	N59 X62.256 Z-2.5	N92 G1 Z-72.35 F0.12
N27 X2.028 Z-0.086	N60 G0 X106.	N93 X105.
N28 G0 X115.	N61 Z-5.5	N94 X107. Z-71.35
N29 Z-0.586	N62 G1 X60.6 F0.12	N95 G0 Z-7
N30 G1 X107.828 F0.12	N63 Z-4.5	N96 X103.8
N31 X105. Z-2	N64 X62.6 Z-3.5	N97 G1 X102.8 F0.12
N32 X-0.8	N65 G0 X106.	N98 Z-72.35
N33 X2.028 Z-0.586	N66 Z-6.5	N99 X104.
N34 G0 X135.	N67 G1 X60.6 F0.12	N100 X106. Z-71.35
N35 Z5	N68 Z-5.5	N101 G0 Z-6.5
N36 G97 S212 M3	N69 X62.6 Z-4.5	N102 X125.
	N70 G0 X107.	N103 Z5
; Profile Roughing1	N71 Z-7.5	N104 G97 S229 M3
N37 G95	N72 G1 X102.8 F0.12	
N38 G97 S229 M3	N73 Z-7.35	; Profile Finishing1
N39 G0 X125. Z5	N74 X61.5	N105 G95

N106 G97 S242 M3
N107 G0 X125. Z5
N108 G96 S95 M3
N109 LIMS=5000
N110 G0 Z-0.117
N111 X58.339
N112 G1 X57.066 F0.08
N113 Z-2.117
N114 X60.3 Z-3.734
N115 Z-6.9
N116 G2 X61.5 Z-7.5 I0.6
N117 G1 X102.5
N118 Z-72.5
N119 X104.824
N120 X107.653 Z-71.086
N121 X107.824
N122 G0 X125.
N123 Z5
N124 G97 S242 M3
N125 M9
N126 G53 X0.

; Drill1
N127 M1
N128 T3 D1
N129 G54
N130 G94
N131 G97 S170 M3
N132 G0 X0. Z15
N133 F43
N134 G0 Z5
N135 Z0.5
N136 Z-2.5
N137 G1 Z-12 F43
N138 G0 Z-11.4

N139 G1 Z-19.5 F43
N140 G0 Z-18.9
N141 G1 Z-27 F43
N142 G0 Z-26.4
N143 G1 Z-34.5 F43
N144 G0 Z-33.9
N145 G1 Z-42 F43
N146 G0 Z-41.4
N147 G1 Z-49.5 F43
N148 G0 Z-48.9
N149 G1 Z-57 F43
N150 G0 Z-56.4
N151 G1 Z-64.5 F43
N152 G0 Z-63.9
N153 G1 Z-72 F43
N154 G0 Z5
N155 Z-70
N156 G1 Z-79.5 F43
N157 G0 Z-78.9
N158 G1 Z-87 F43
N159 G0 Z-86.4
N160 G1 Z-94.5 F43
N161 G0 Z-93.9
N162 G1 Z-102 F43
N163 G0 Z-101.4
N164 G1 Z-106.013 F43
N165 G0 Z5
N166 Z15
N167 G53 X0.

; Drill1 (2)
N168 M1
N169 T4 D1
N170 G54
N171 G94

N172 G97 S200 M3
N173 G0 X0. Z15
N174 F44
N175 CYCLE82(5, -4.5, 5, -108.416,,)
N176 X0.
N177 G0 Z15
N178 G53 X0.

; Profile Finishing4
N179 M1
N180 T5 D1
N181 G54
N182 M8
N183 G95
N184 G97 S796 M3
N185 G0 X36. Z5
N186 G96 S90 M3
N187 LIMS=5000
N188 G0 Z0
N189 X39.277
N190 G1 Z-2 F0.1
N191 X38. Z-2.639
N192 G0 Z0
N193 X39.035
N194 G1 X40.692 F0.1
N195 Z-2
N196 X38. Z-3.346
N197 G0 Z0
N198 X40.449
N199 G1 X42.106 F0.1
N200 Z-2
N201 X38. Z-4.053
N202 G0 Z0
N203 X42.02

N204 G1 X43.52 F0.1	N237 G1 Z-30.5 F0.1
N205 Z-2	N238 X40.7
N206 X38.7 Z-4.41	N239 Z-31
N207 Z-95.4	N240 X41.
N208 X36.	N241 Z-67
N209 G0 Z-0.059	N242 X39.7
N210 X44.817	N243 X36.872 Z-65.586
N211 G1 Z-2.059 F0.1	N244 X36.698
N212 X39.7 Z-4.617	N245 G0 Z-32.5
N213 Z-95.4	N246 G1 Z-30.5 F0.1
N214 X36.872 Z-96.814	N247 X36.7
N215 X36.	N248 X40.7
N216 G0 Z5	N249 X41.
N217 G97 S796 M3	N250 G18 G3 X42. Z-31 K-0.5
N218 M9	N251 G1 Z-67
N219 G53 X0.	N252 G3 X41. Z-67.5 I-0.5
	N253 G1 X39.7
; Groove2	N254 X36.872 Z-66.086
N220 M1	N255 G0 X34.
N221 T6 D1	N256 Z5
N222 G54	N257 G97 S843 M3
N223 M8	
N224 G95	N258 M9
N225 G97 S843 M3	N259 G53 X0.
N226 G0 X34. Z5	N260 G53 Z0
N227 G96 S90 M3	N261 M30
N228 LIMS=5000	
N229 G0 Z-26.001	
N230 G1 Z-30.5 F0.1	
N231 X40.	
N232 Z-66.5	
N233 X39.7	
N234 X36.872 Z-65.086	
N235 X35.998	
N236 G0 Z-32.5	

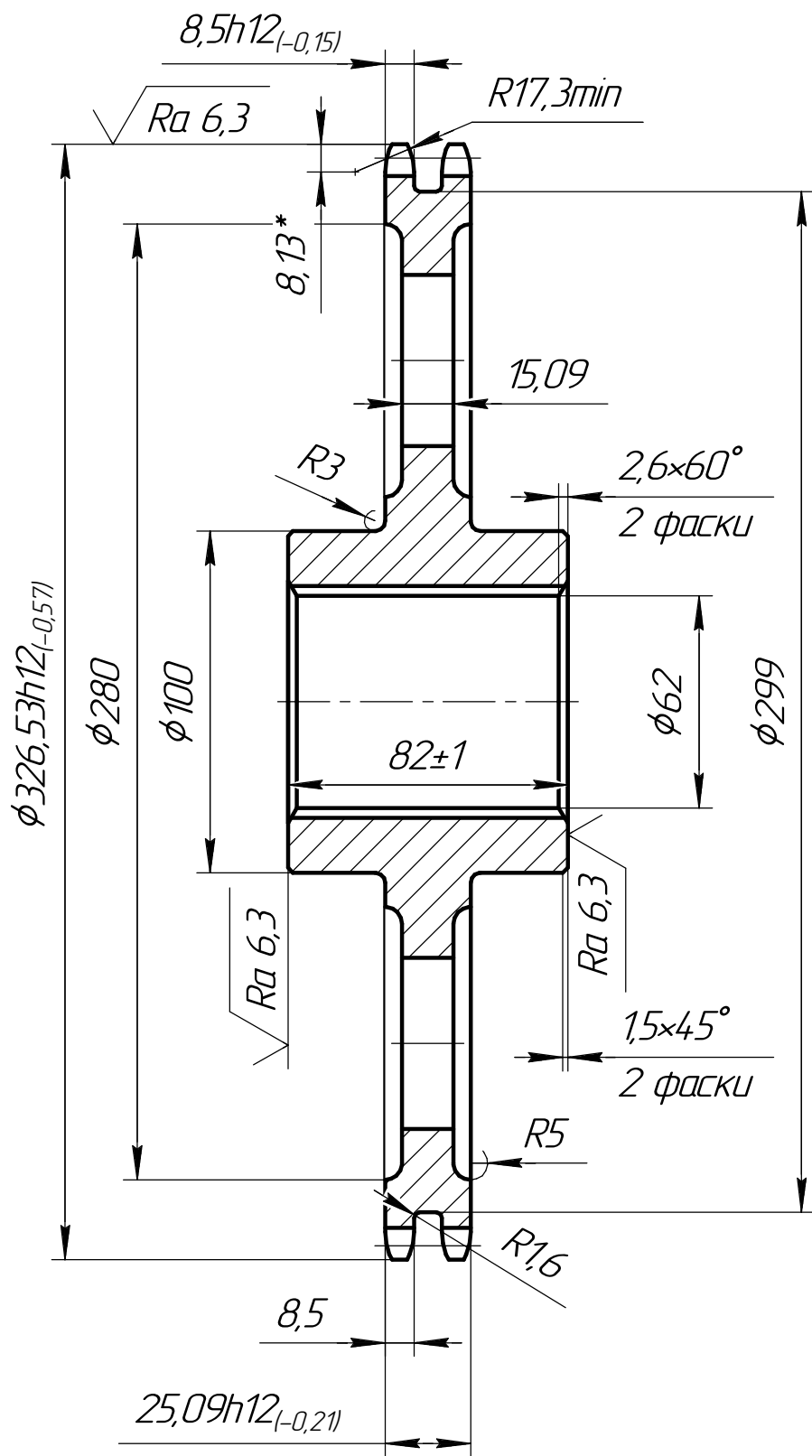
Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание							
Справ. №		А1													
							Документация								
							Складальне креслення								
							Детали								
					1		Основа	1							
					2		Валик	2							
		4		Каретка	1										
		5		Алмазотримач	1										
		7		Валик каретки	2										
		8		Прижим	2										
		10		Захисний кожух	1										
		11		Маховик	1										
Подп. и дата															
Инв. № дубл.															
Взам. инв. №															
Подп. и дата															
Инв. № подл.															
Изм. Лист		№ докум.	Подп.	Дата	Приспособування для правки круга під кутом	Лит.	Лист	Листов							
Разраб.	Ковальчук ДМ	Пров.	Мініцька Н.В.												
Н.контр.		Утв.													
Утв.															

Копировал

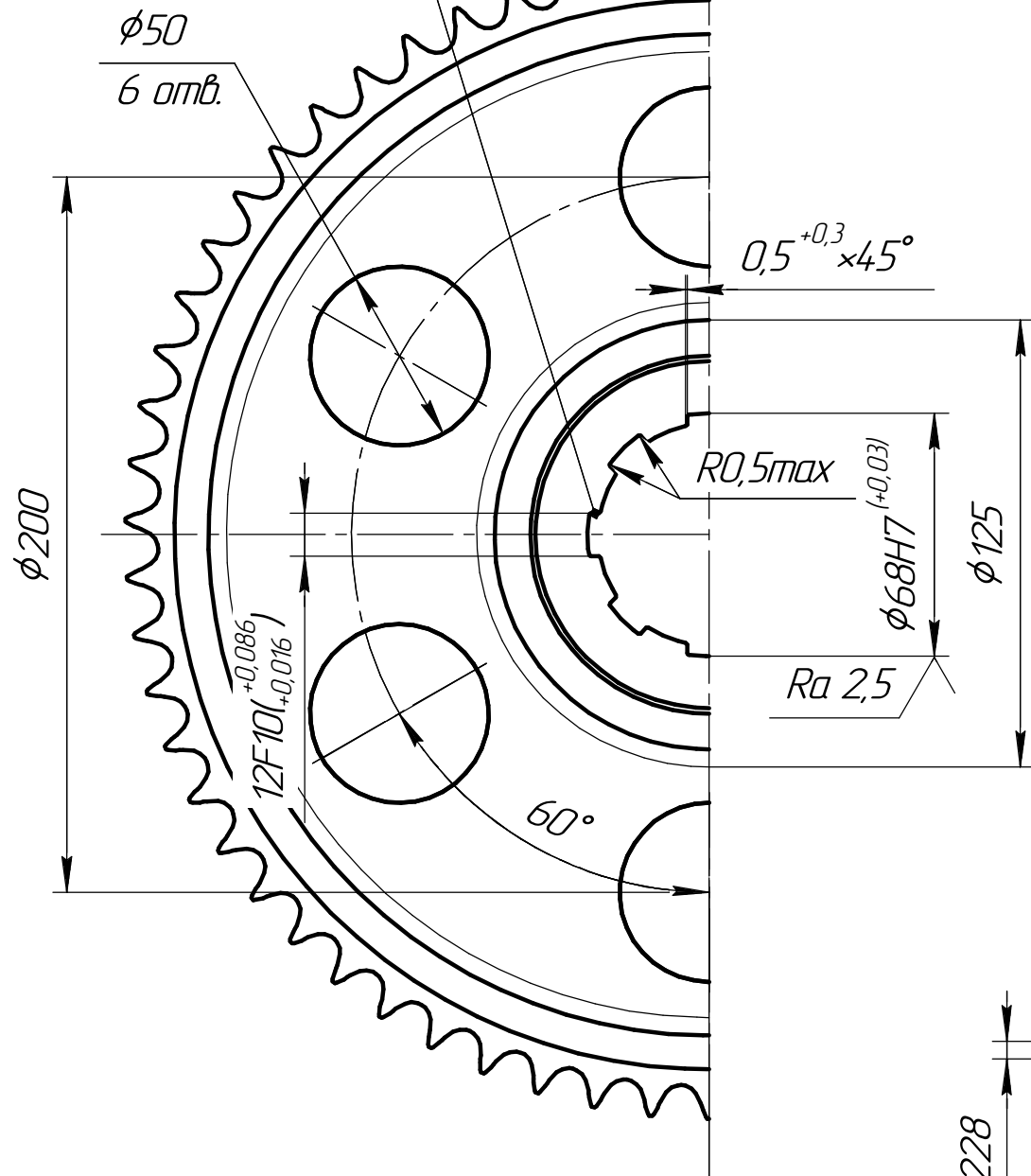
Формат А4

Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Изм. № доп.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Изм. № подл.

ДП.МІ-п71.06.00.001 ТК

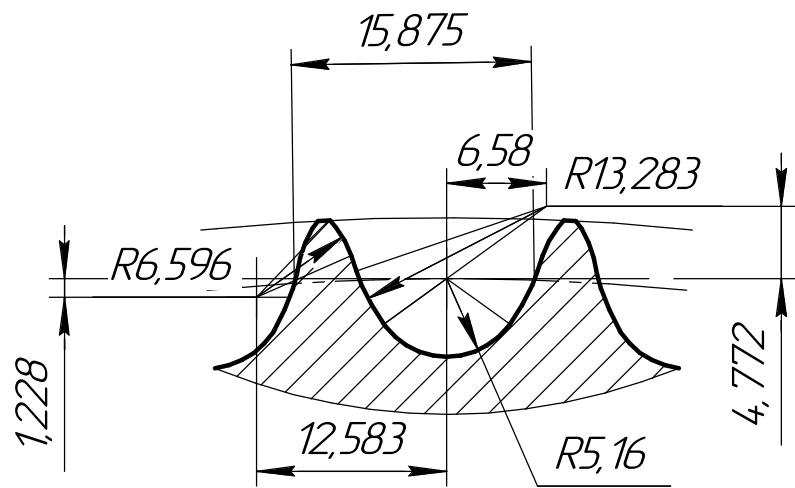


D-8x62x68H7x12F10
ГОСТ 1139-80



$\sqrt{Ra 6,3 (\checkmark)}$

Число зубів	z	63
Сполучаємий ланцюг	Позначення	2ПР-15,875-45,4 ГОСТ 13568-97
	Крок	t 15,875
	Діаметр ролика	d 10,16
Профіль зуба по ГОСТ 591-69	-	Без зміщення
Клас точності по ГОСТ 591-69	-	B
Діаметр окружності западин	D_f	308,171 _{-0,32}
Допуск на різницю кроків	δ_t	0,1
Радіальне биття окружності западин	E_0	0,32
Торцеве биение зубчатого венца	-	0,32
Діаметр делительной окружности	D_d	318,482
Сполучаємий ланцюг	Ширина внутрішньої пластини	h 14,8
	Відстань між внутрішніми пластинами	B_{BH} 9,65



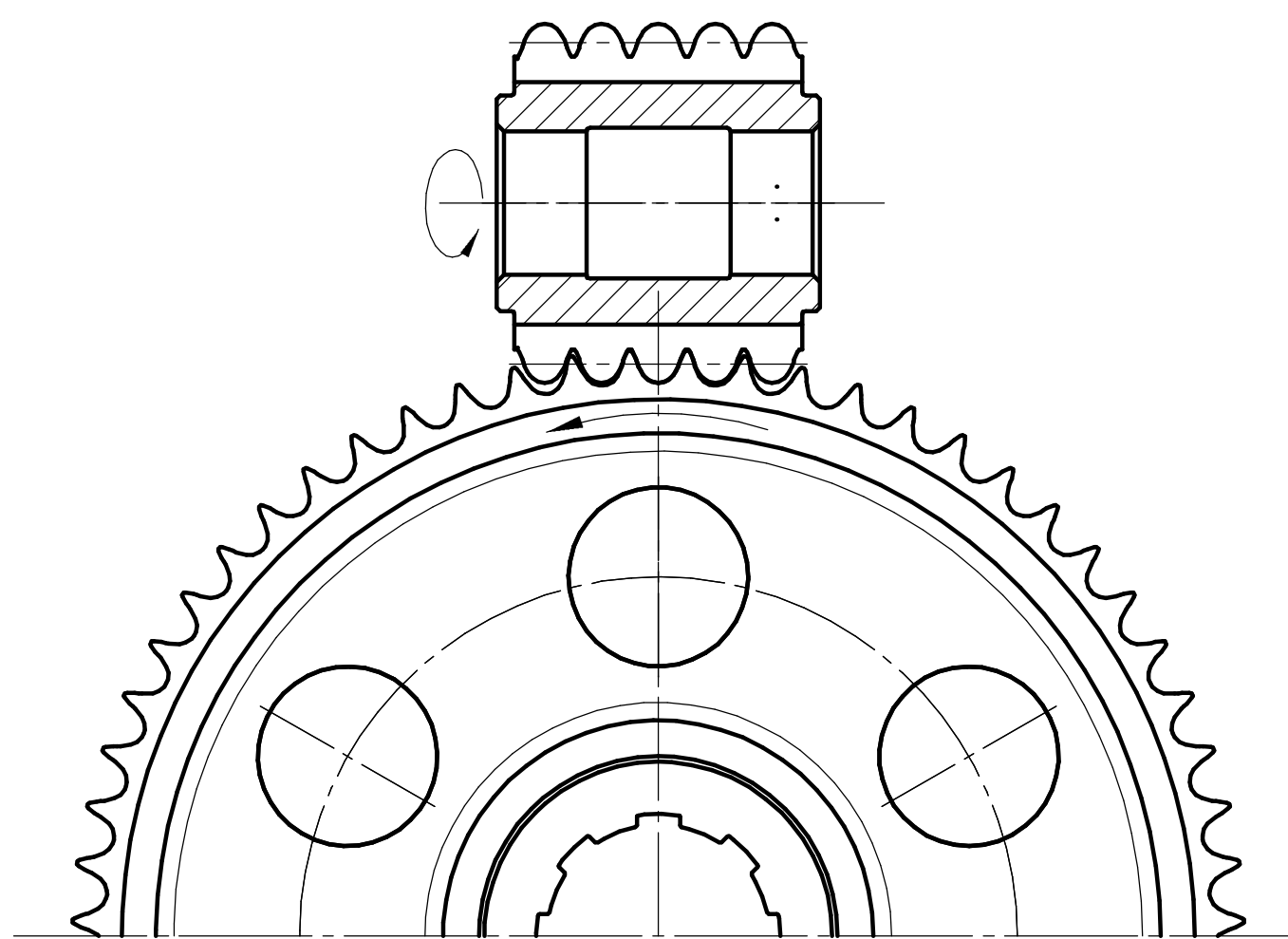
1. Термічна обробка зубів загартування та відпуск: 40..45 HRC₃.
2. На поверхні зубів тріщини не допускаються.
3. Гострі кромки притупити.

ДП.МІ-п71.06.00.001 ТК					Лист			Масса	Масштаб
Зірочка									1:2
Сталь 40X ГОСТ 4543-2016					Лист			Листов	1
Копировал					НТУУ "КПІ ім. Ізгоря Сікорського"				
Формат A3					ММІ МІ-п71				

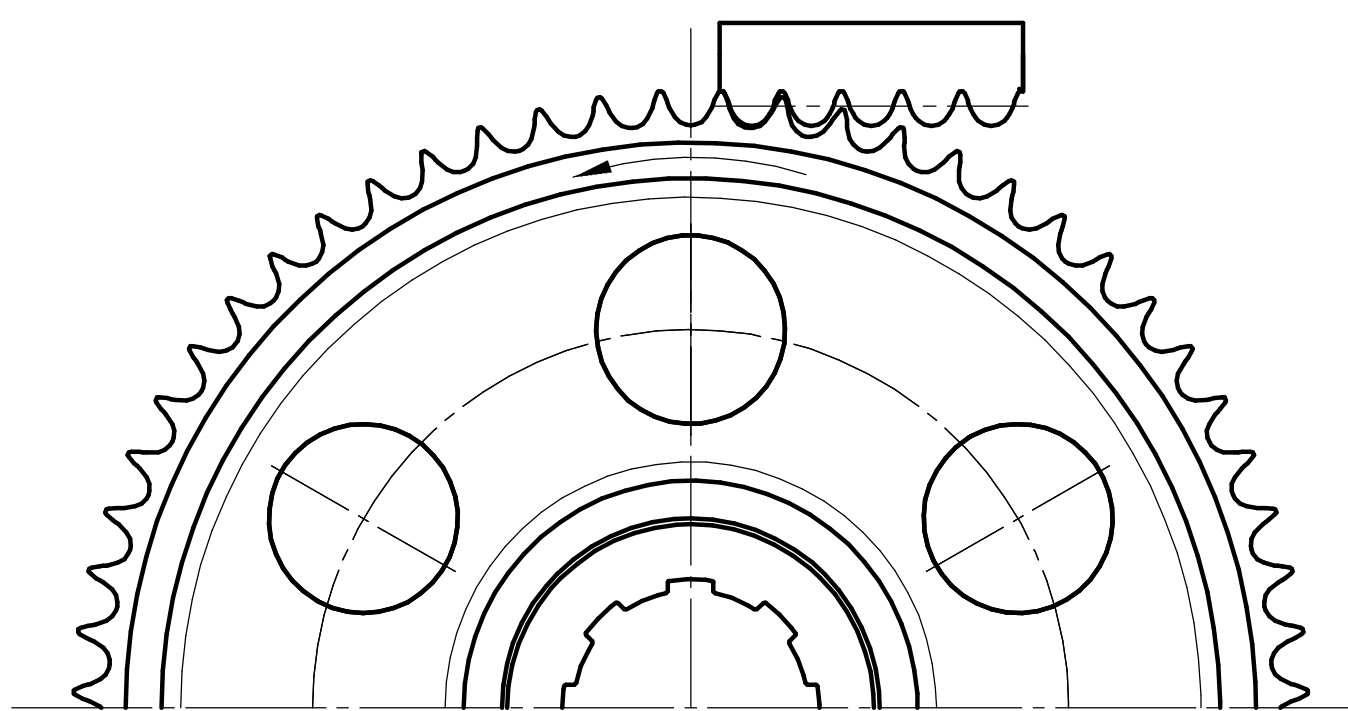
АНАЛІЗ МЕТОДІВ МЕТАЛОБРОБКИ ЗІРОЧКИ

Метод обкатки

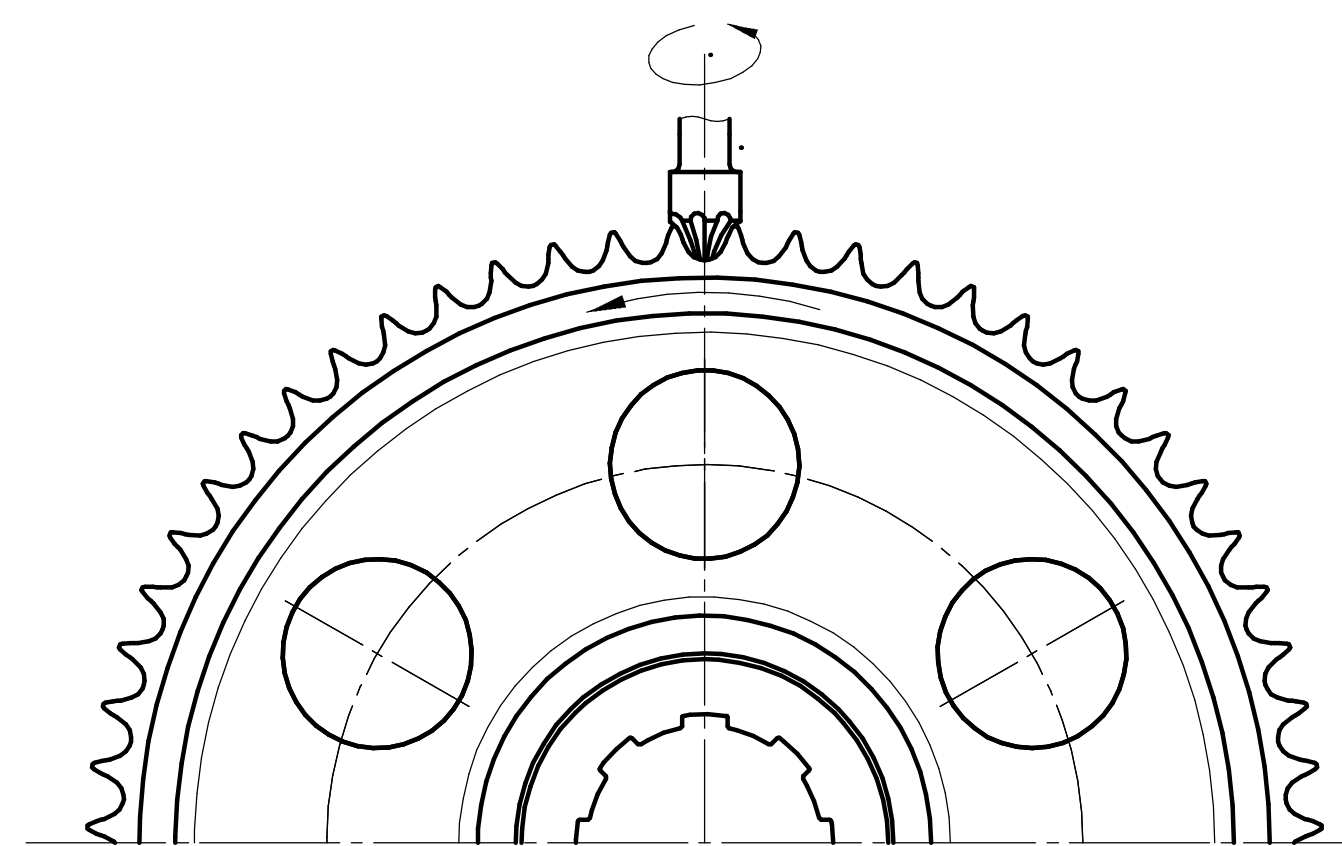
Нарізання зубів
черв'ячною фрезою



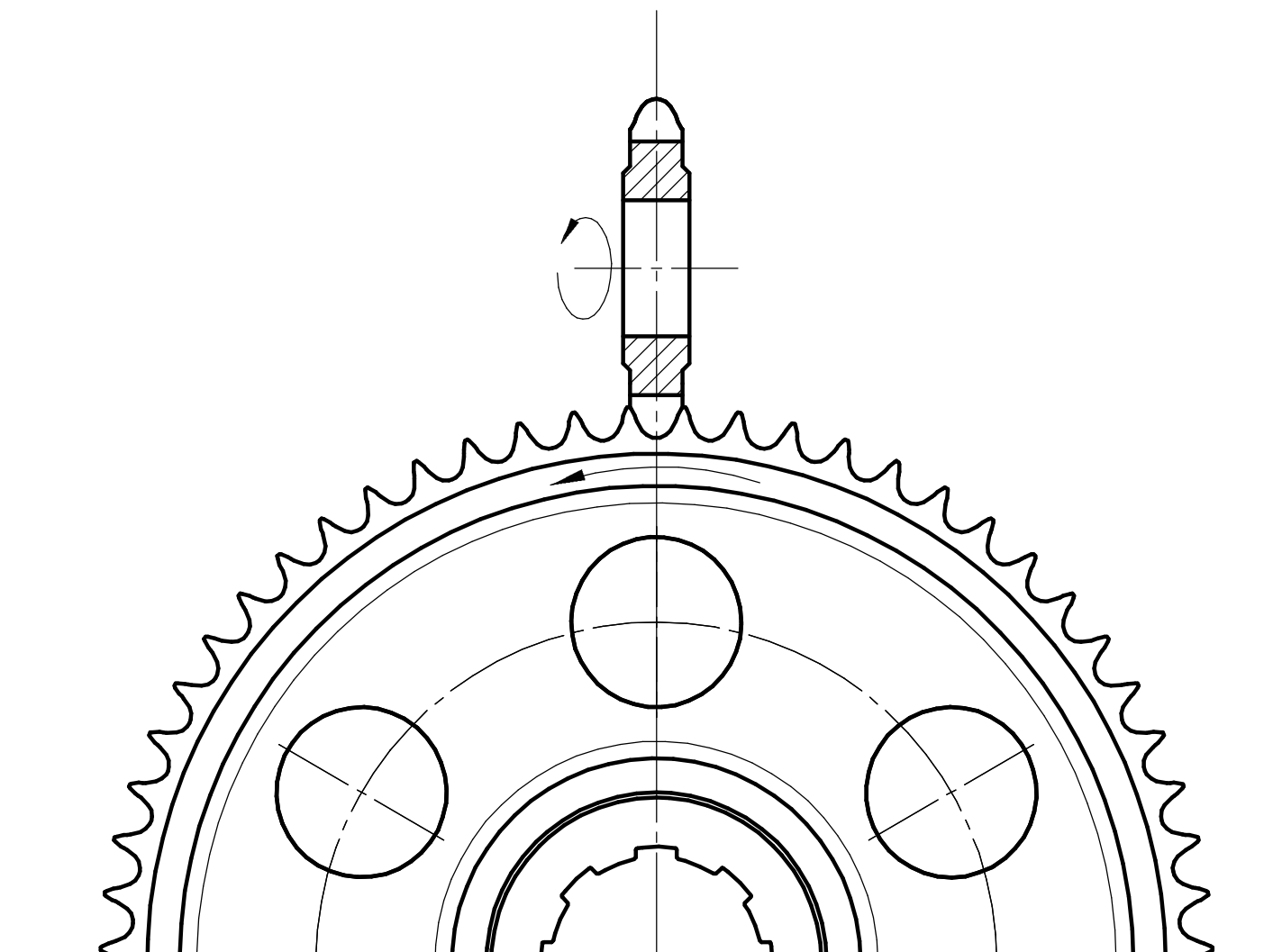
Нарізання зубів
зуборізною рейкою (гребінка)



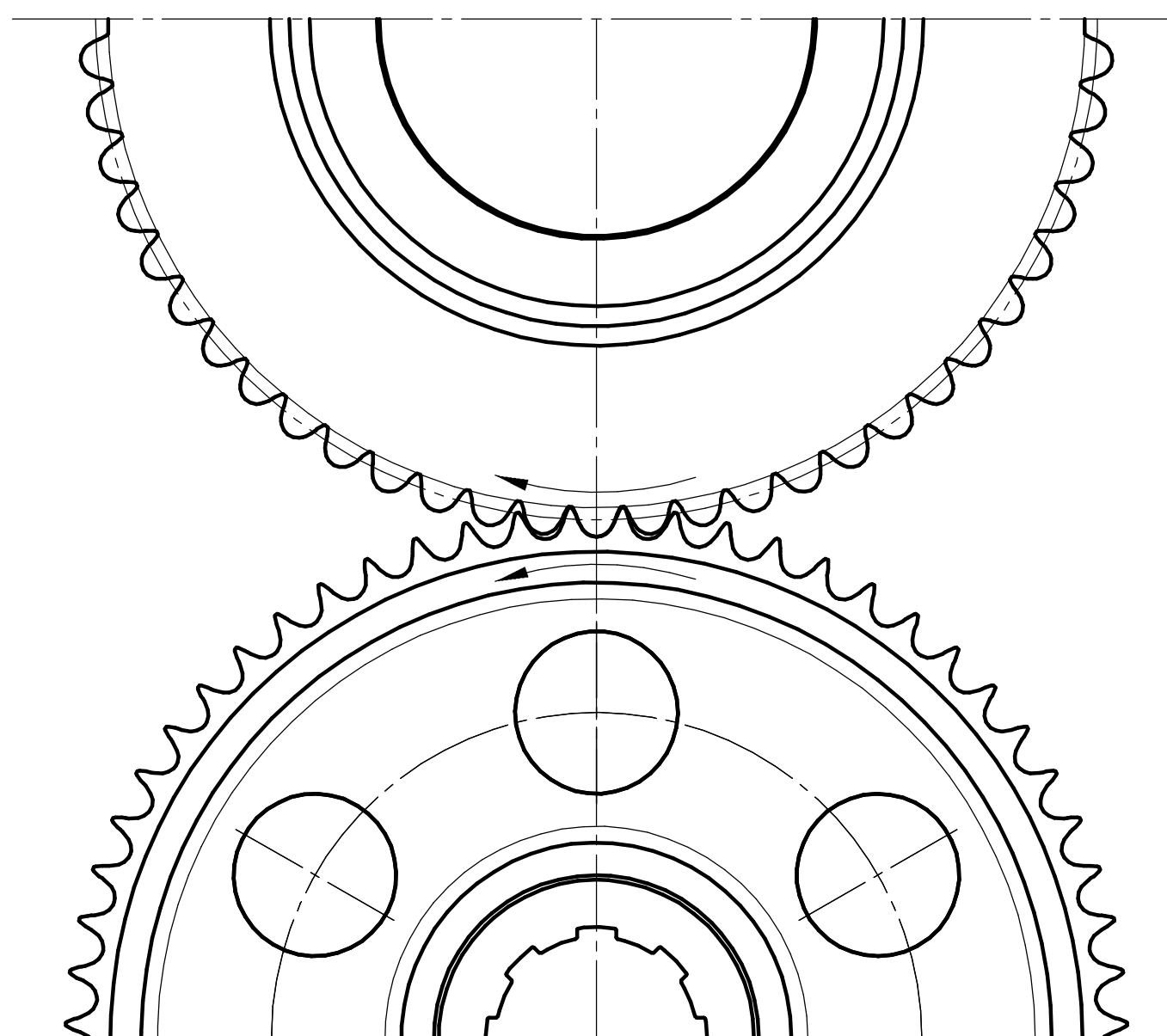
Нарізання зубів
пальцевою фрезою



Нарізання зубів
дисковою фрезою



Нарізання зубів довідочем



Переваги методу обкату:

- одним інструментом можна обробити зірочки одного кроку (модуля) з різною кількістю зубів;
- змінюючи відносне розташування інструмента і заготовки на верстаті можна одержувати зубці різної форми й товщини (передачі із зсувом);
- висока продуктивність та точність при нарізанні великої кількості зубів;
- доцільно використовувати в серійному та масовому типі виробництва.

Недоліки методу обкату:

- складність наладки для модифікування нарізаємого зуба.

Переваги методу копіювання:

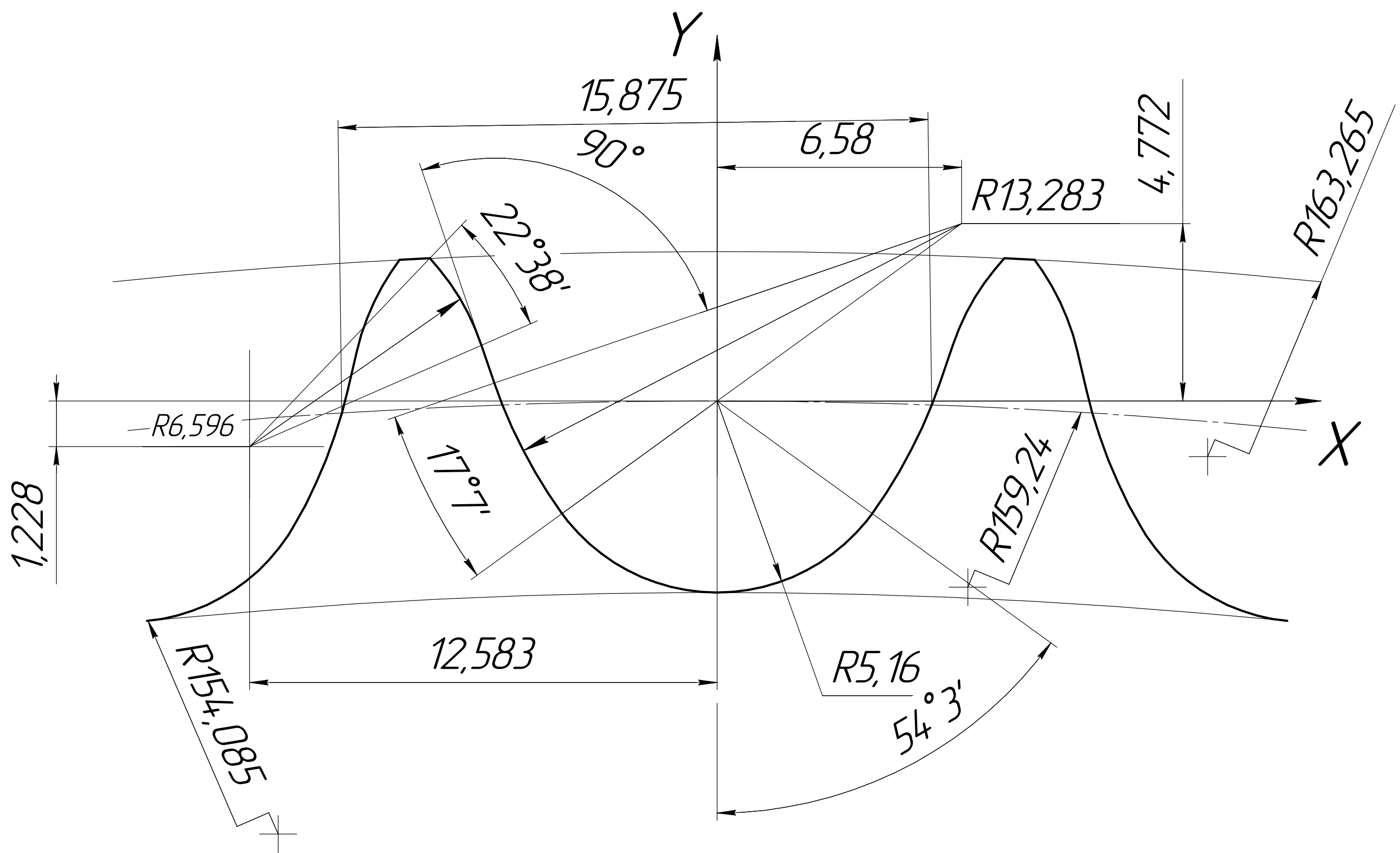
- можливість простого модифікування зуба вздовж профіля зуба так і вздовж лінії при нарізанні зірочки;
- обробка виконується на горизонтально-універсальних та вертикально-фрезерних верстатах, що не потребує додаткових пристроїв;
- доцільно використовувати в одиничному або мало-серійному типі виробництва.

Недоліки методу копіювання:

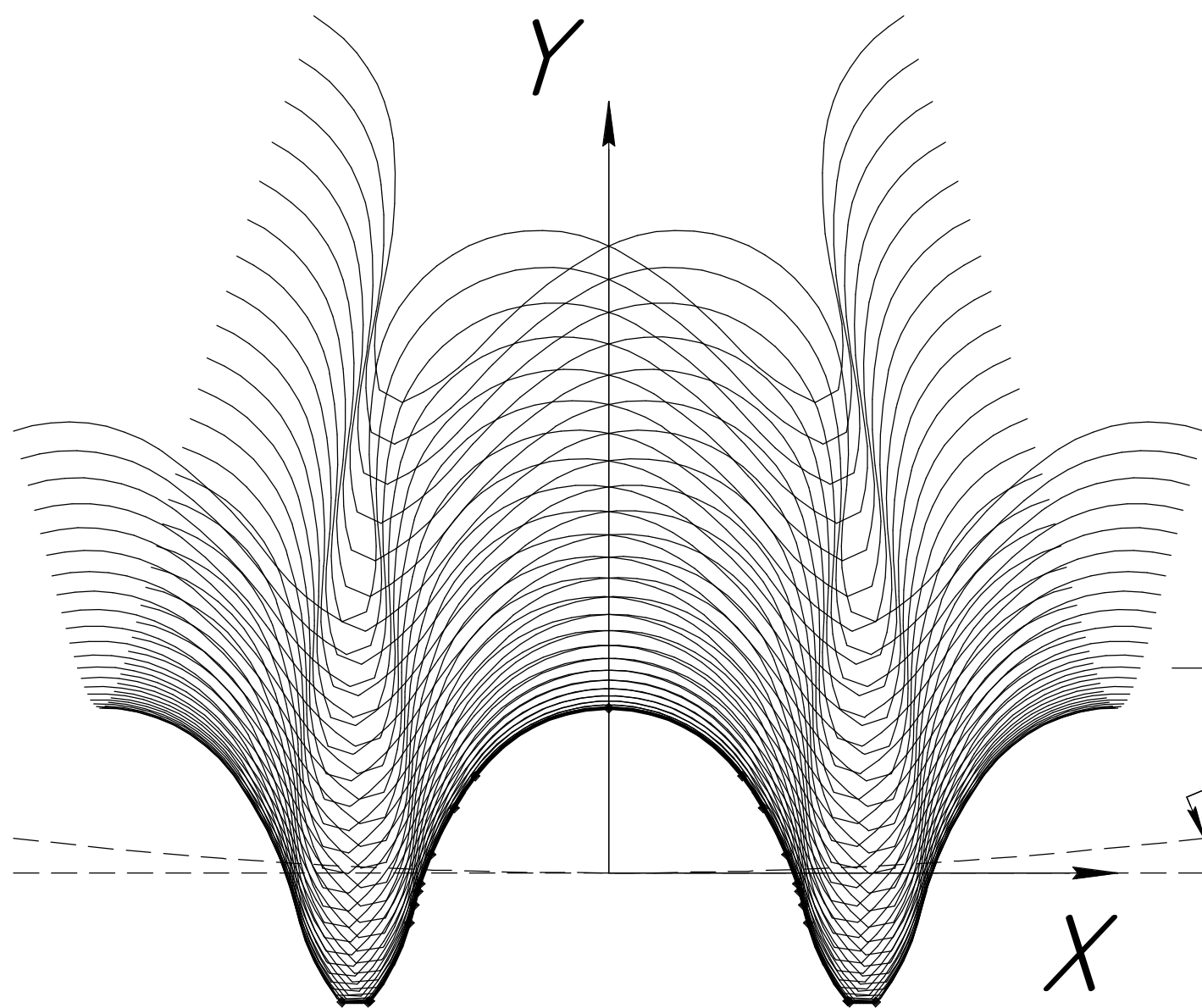
- Низька продуктивність та точність при нарізанні зірочок, тому що западини нарізаються послідовно і після кожного окремого нарізання западини, здійснюється ділення на зуб.

ПРОФІЛЮВАННЯ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ФРЕЗИ

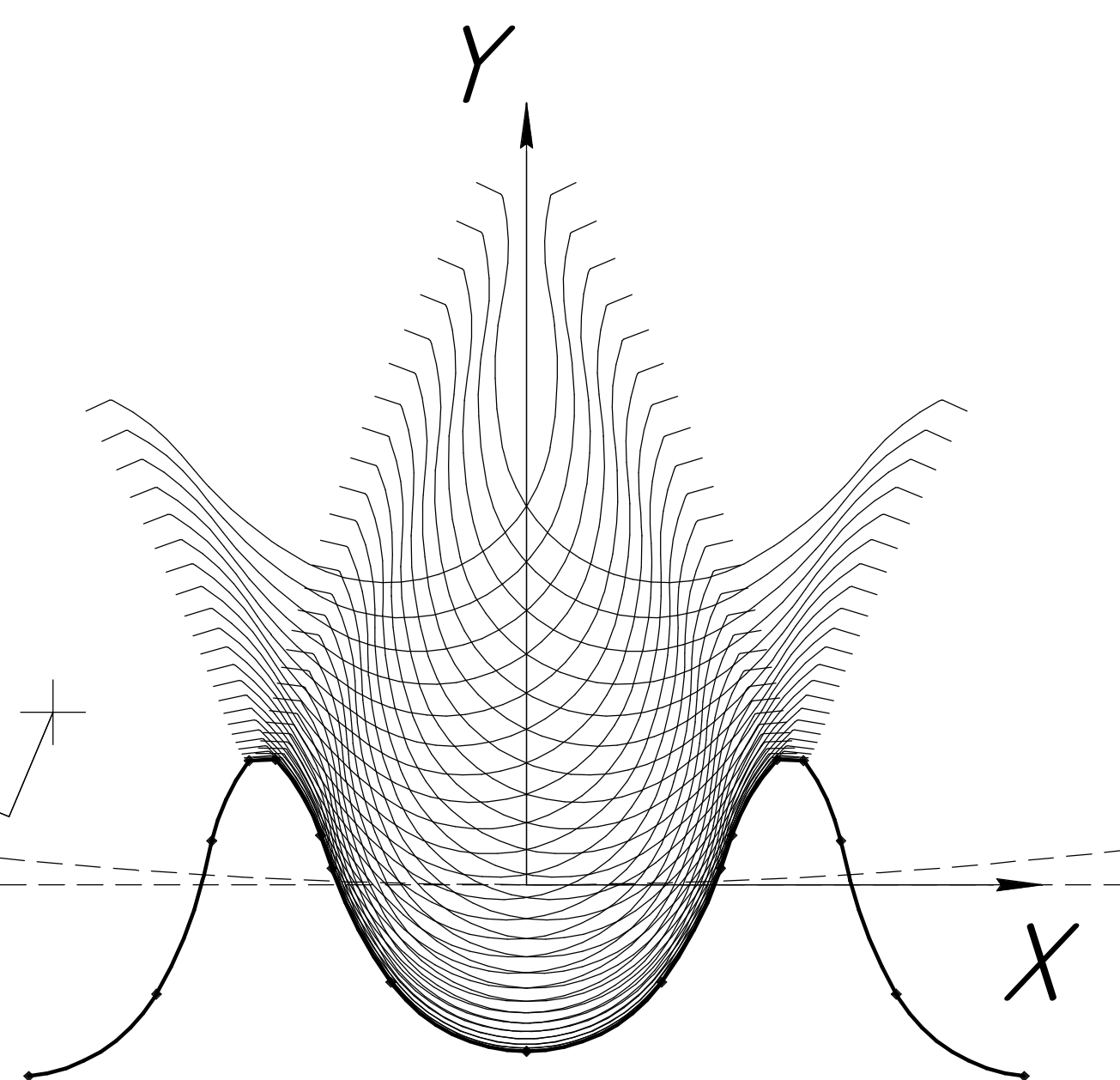
Профіль зірочки (М10:1)
 $Z = 63$



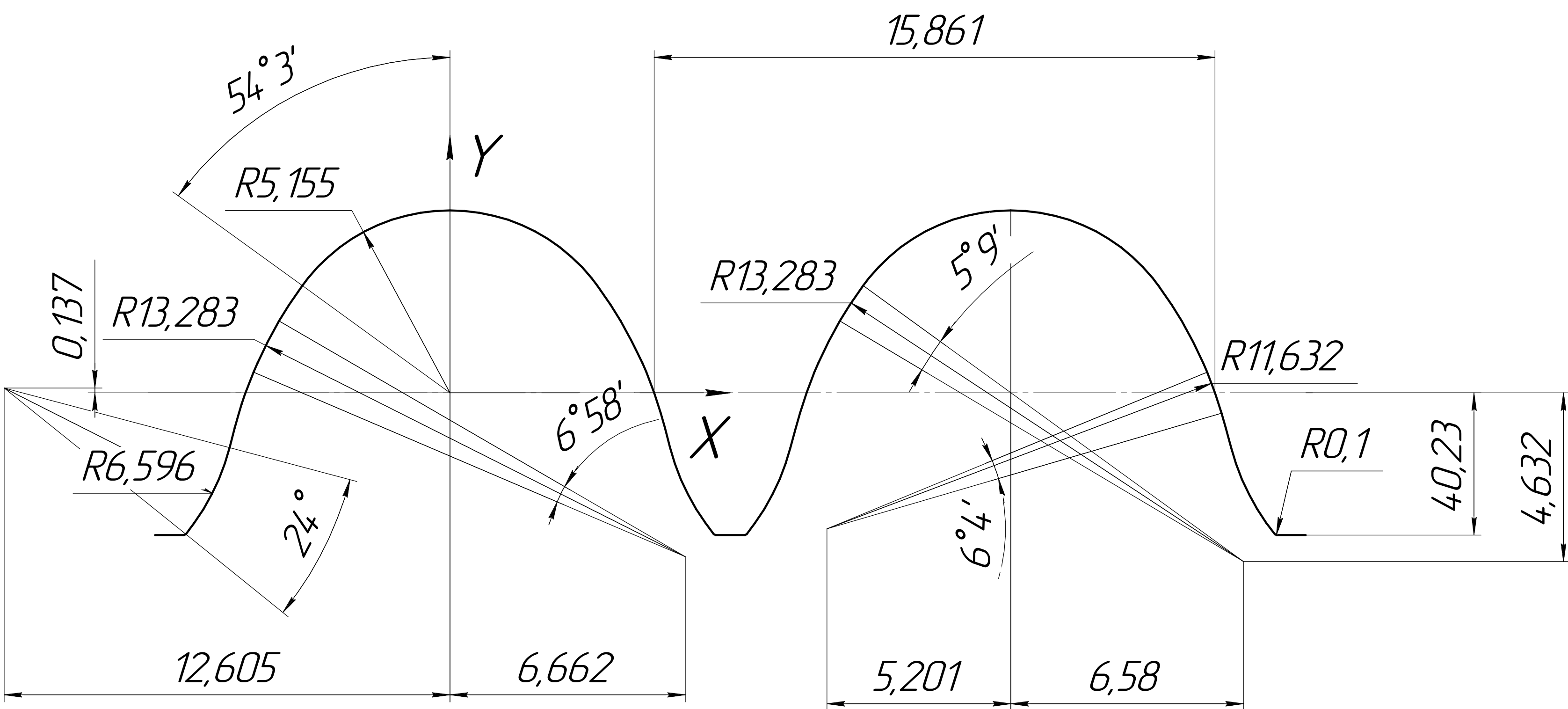
Пряма обкатка (М5:1)



Зворотня обкатка (М5:1)



Профіль фрези (М10:1)

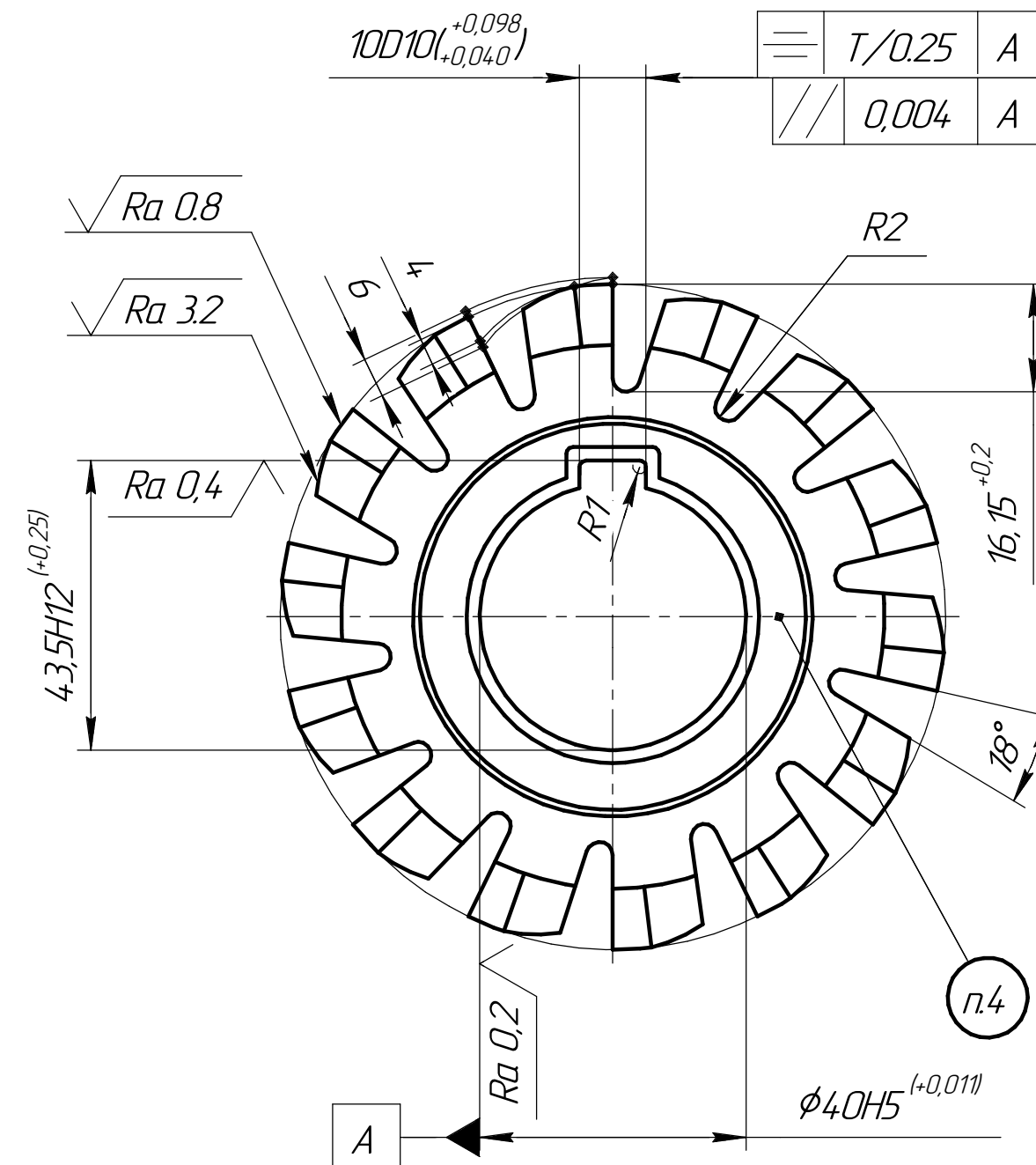


Координати профілю фрези

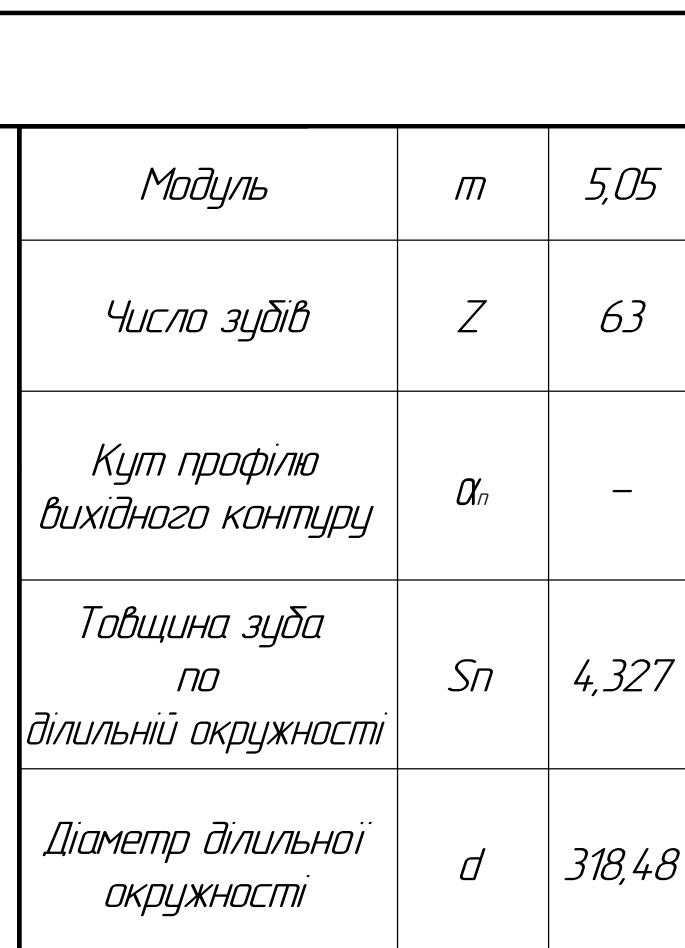
Координати профілю зірочки

Nº	X	Y
1	-15,342	-5,921
2	-11,401	-3,388
3	-9,696	1,385
4	-8,544	3,801
5	-7,372	3,842
6	-6,340	1,502
7	-5,992	0,482
8	-4,173	-3,027
9	0	-5,155
10	4,173	-3,027
11	5,992	0,482
12	6,340	1,502
13	7,372	3,842
14	8,544	3,801
15	9,696	1,385
16	11,401	-3,388
17	15,342	-5,921

Nº	X	Y
1	-8,337	-4,023
2	-7,524	-4,023
3	-7,467	-4
4	-6,229	-1,553
5	-6,081	-0,994
6	-5,962	-0,577
7	-5,889	-0,328
8	-5,554	0,585
9	-4,831	2,029
10	-4,173	3,027
11	0	5,155
12	4,173	3,027
13	4,831	2,029
14	5,554	0,585
15	5,889	-0,328
16	5,962	-0,577
17	6,081	-0,994
18	6,229	-1,553
19	7,467	-4
20	7,524	-4,023
21	8,337	-4,023



Модуль нормальний	m	5,05
Кут профіля нормальний	α_{no}	–
Кількість заходів	Z_1	1
Кут підйому лінії витка	γ_o	52°20'51"
Напрямок лінії витка	–	праве
Хід гвинтової лінії витка	P_{Z1}	25.791
Кількість стружкових канавок	Z_o	14
Напрямок стружечних канавок	–	левое
Кут підйому стружкових канавок	λ_o	52°20'51"
Хід гвинтової лінії стружкових канавок	$P_{\lambda 1}$	219.75
Допуск на разность соседних окружных шагов стружечных канавок	$f_{\omega o}$	0.025
Граничне відхилення напрямку стружкових канавок на довжині 100 мм	f_x	±0.08
Допуск на відхилення гвинтової лінії фрези від зуба до зуба	f_{n10}	0.008
Допуск на відхилення гвинтової лінії фрези на одному оберті	f_{n0}	0.012
Допуск на відхилення гвинтової лінії фрези на трьох обертах	f_{n30}	0.016
Розрахунковий діаметр обкатки нової фрези	d_{wo}	89,69



1. НРСЗ 65...67.
2. Кут по зовнішньому діаметру не більше 0.02мм на довжині 60мм.
3. * Розміри для справок.
4. Маркувати позначення, модуль деталі m , α_n деталі, γ_s , $P_{\lambda s}$, матеріал та дату виготовлення.
5. Ресхта ТВ по ГОСТ 9324-80.

					ДП.МІ-п7106.02.001 ТК			
Изм./Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Черв'ячна фреза		Лист	Маса	Масштаб
Розроб.	Ковальчук ДМ							1:1
Проб.	Мініцька НВ							
Т.контр.						Лист	Листов	1
Н.контр.				Р6М5 ГОСТ 19265-73		НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" ММІ МІ-п71		
Утв.								

Лист № 1

Лист № 2

Лист № 3

Лист № 4

Лист № 5

Лист № 6

Лист № 7

Лист № 8

Лист № 9

Лист № 10

Лист № 11

Лист № 12

Лист № 13

Лист № 14

Лист № 15

Лист № 16

Лист № 17

Лист № 18

Лист № 19

Лист № 20

ДП.МІ-п7106.03.003 ТК

№	Найменування операції	Найменування верстата та його модель	Різальний інструмент	S, м/хв	n, 1/хв	V, м/хв	T _о , хв
020	Протягувальна	7532	Протяжка шпонкова ГОСТ 18217-90	0,1	-	30	0,06

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разроб.		Ковальчук ДМ		
Проб.		Мінцяка НВ		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

ДП.МІ-п7106.03.003 ТК

Графічне зображення технологічного процесу Операція 020

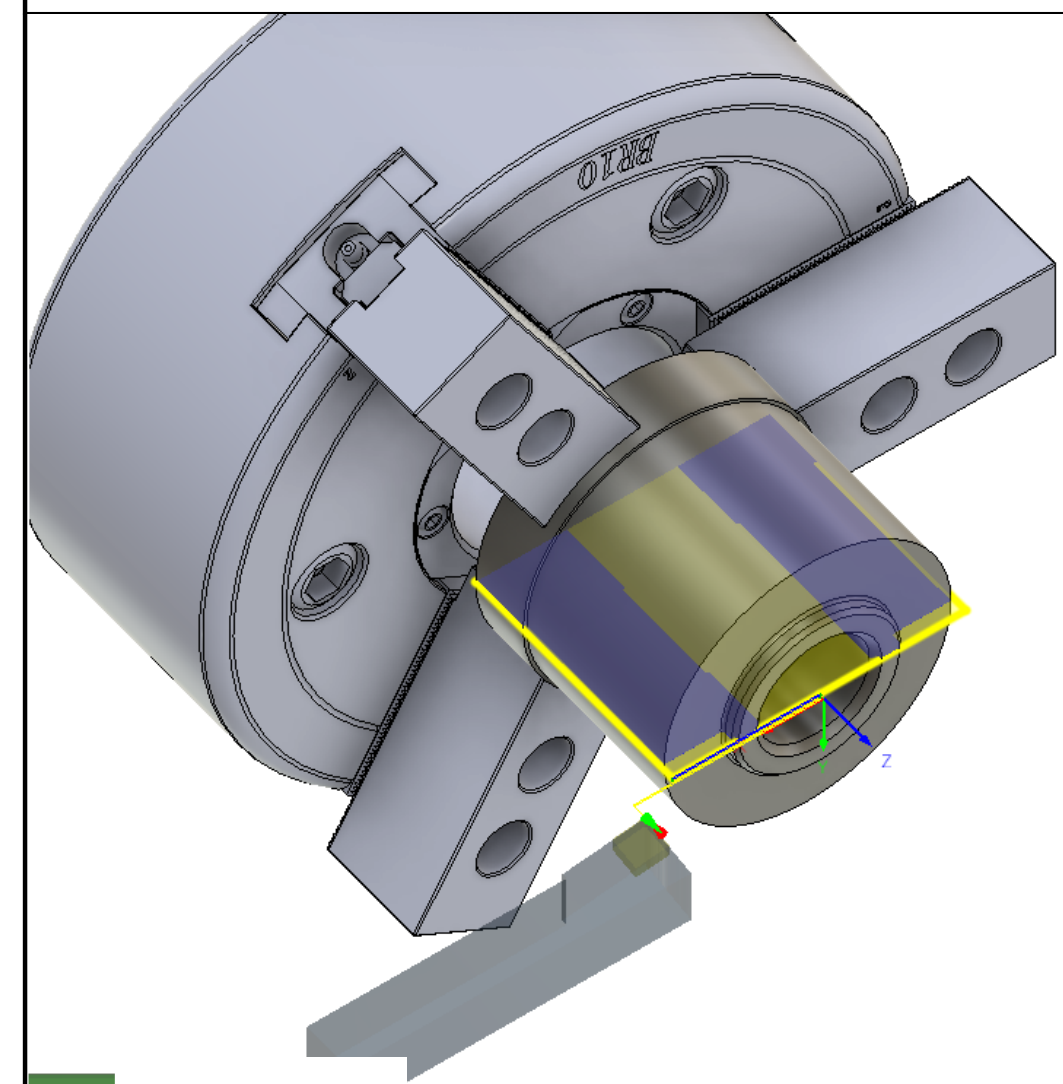
Формат А3

Лист	Маса	Масштаб
1		1:1

Розроблено

Формат АЗ

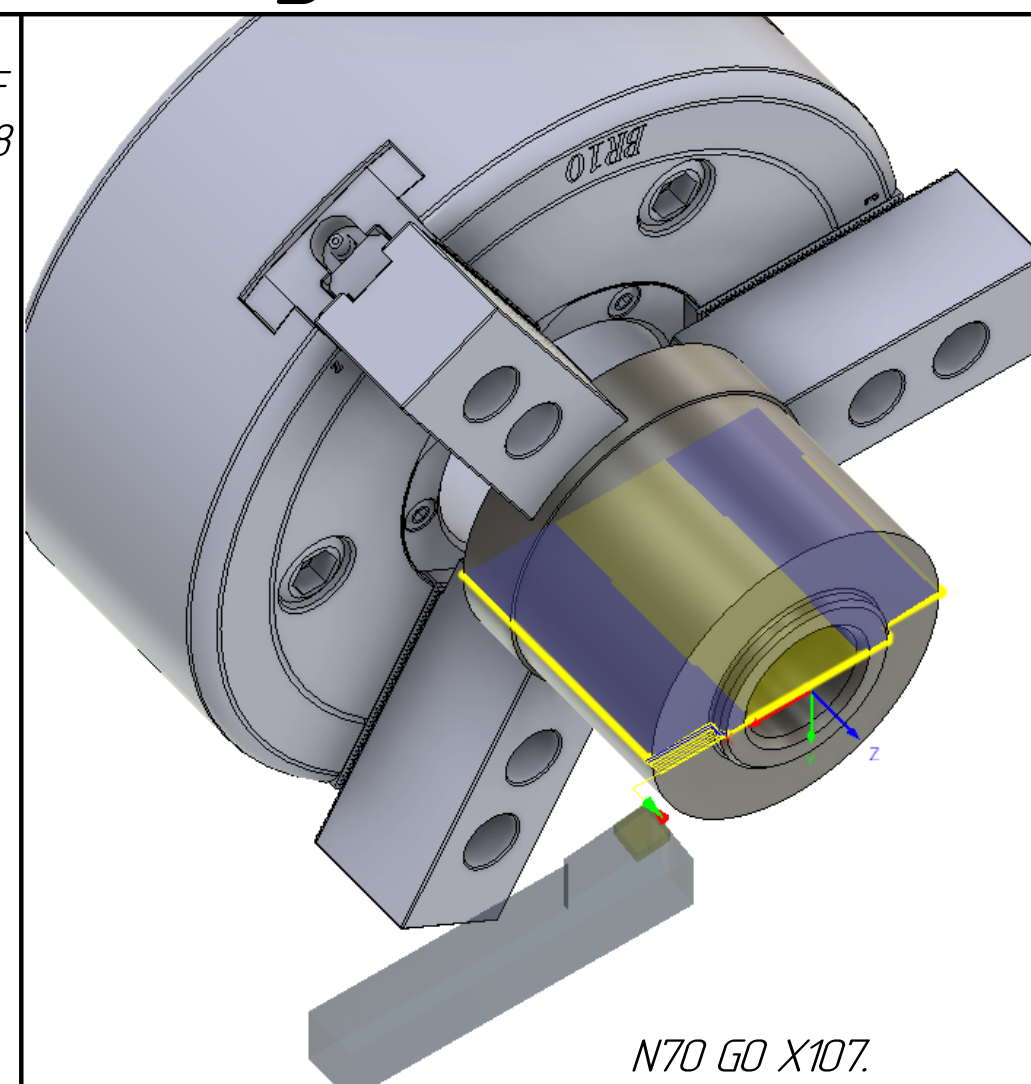
Проектування технологічної операції оброблення на токарному верстаті з ЧПК



; %_N_1001.MPF
N10 G90 G94 G18
N11 G71
N12 LIMS=6000
N13 G53 G0 XO.

; Face1
N14 T2 D1
N15 G54
N16 M8
N17 G95
N18 G97 S212 M3
N19 G0 X135. Z5
N20 G96 S90 M3
N21 LIMS=5000
N22 G0 Z-0.086
N23 X115.
N24 G1 X107.828 F0.12
N25 X105. Z-15
N26 X-0.8
N27 X2.028 Z-0.086
N28 G0 X115.
N29 Z-0.586
N30 G1 X107.828 F0.12
N31 X105. Z-2
N32 X-0.8
N33 X2.028 Z-0.586
N34 G0 X135.
N35 Z5
N36 G97 S212 M3

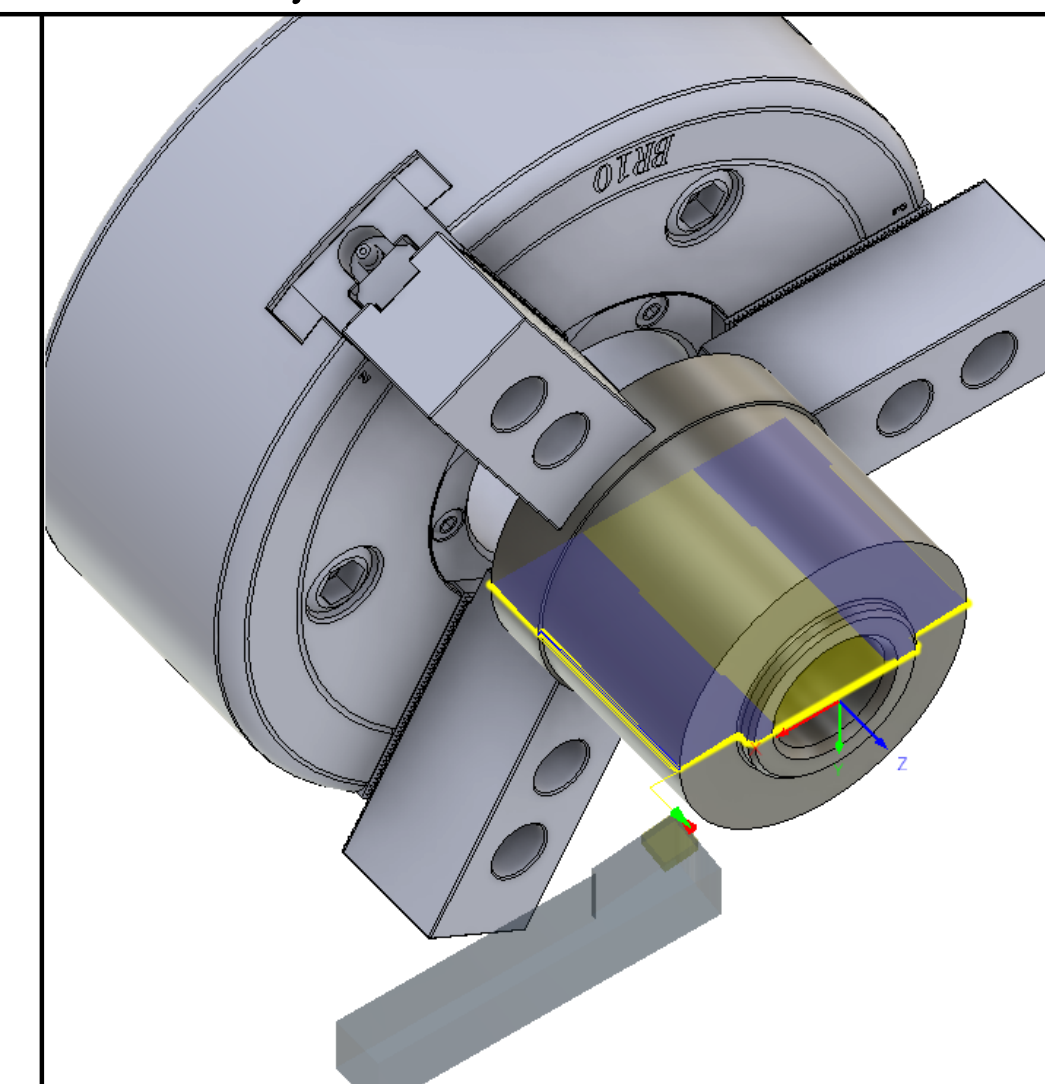
1) Підрізання торцю



; Profile Roughing1
N37 G95
N38 G97 S229 M3
N39 G0 X125. Z5
N40 G96 S90 M3
N41 LIMS=5000
N42 G0 Z-15
N43 X106.
N44 Z-25
N45 G1 X58.256 F0.12
N46 X57.49 Z-2.117
N47 Z-2
N48 X59.49 Z-1
N49 G0 X106.
N50 Z-35
N51 G1 X60.256 F0.12
N52 X58.256 Z-25
N53 X60.256 Z-15
N54 G0 X106.
N55 Z-4.5
N56 G1 X60.6 F0.12
N57 Z-3.672
N58 X60.256 Z-35
N59 X62.256 Z-25
N60 G0 X106.
N61 Z-55
N62 G1 X60.6 F0.12
N63 Z-4.5
N64 X62.6 Z-35
N65 G0 X106.
N66 Z-6.5
N67 G1 X60.6 F0.12
N68 Z-55
N69 X62.6 Z-4.5
N70 G0 X107.
N71 Z-75
N72 G1 X102.8 F0.12
N73 Z-7.35
N74 X615
N75 G18 G3 X60.6 Z-6.9 K0.45
N76 G1 Z-6.5
N77 X62.6 Z-55
N78 G0 X106.
N79 Z-15
N80 X125.
N81 Z5
N82 G97 S229 M3

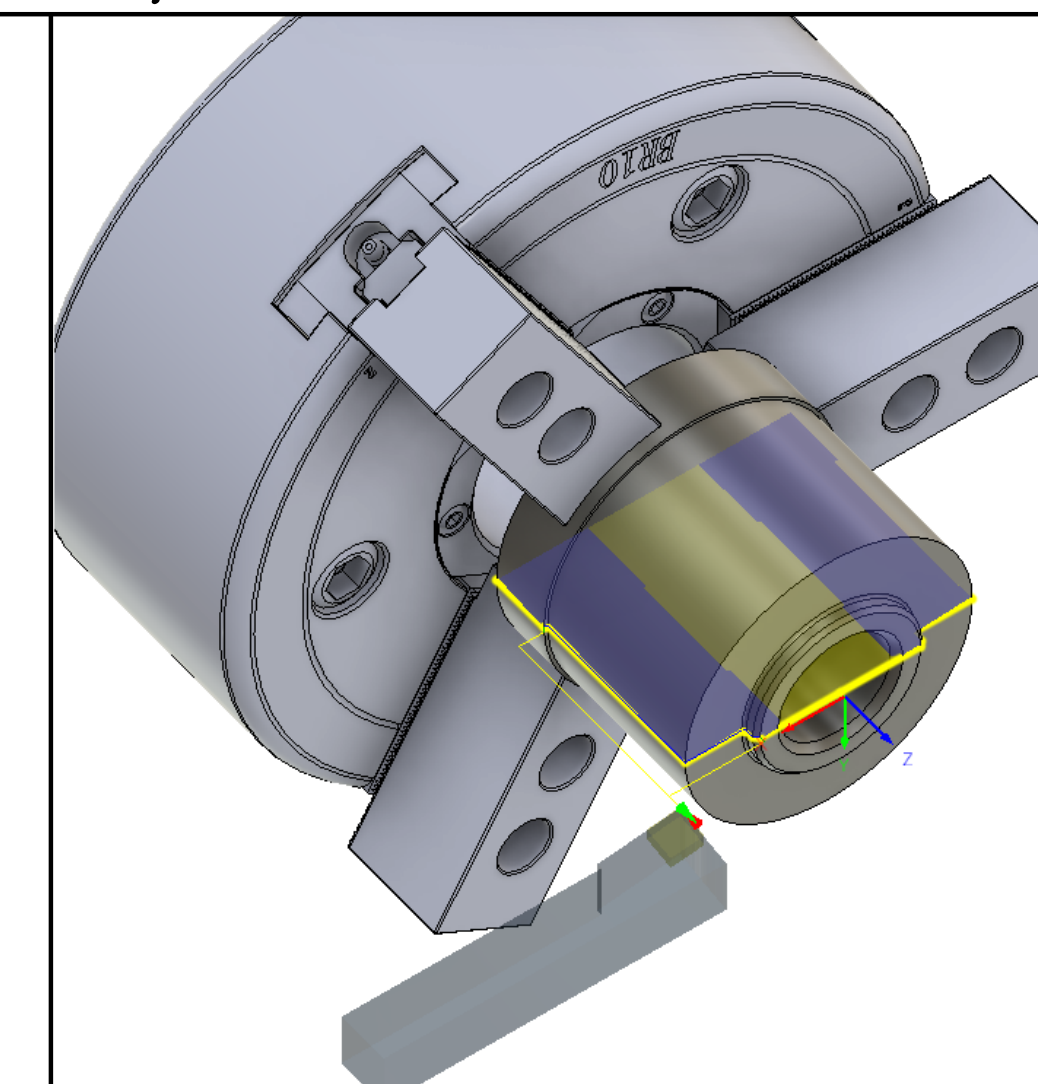
N70 G0 X107.
N71 Z-75
N72 G1 X102.8 F0.12
N73 Z-7.35
N74 X615
N75 G18 G3 X60.6 Z-6.9 K0.45
N76 G1 Z-6.5
N77 X62.6 Z-55
N78 G0 X106.
N79 Z-15
N80 X125.
N81 Z5
N82 G97 S229 M3

2) Точіння бортика



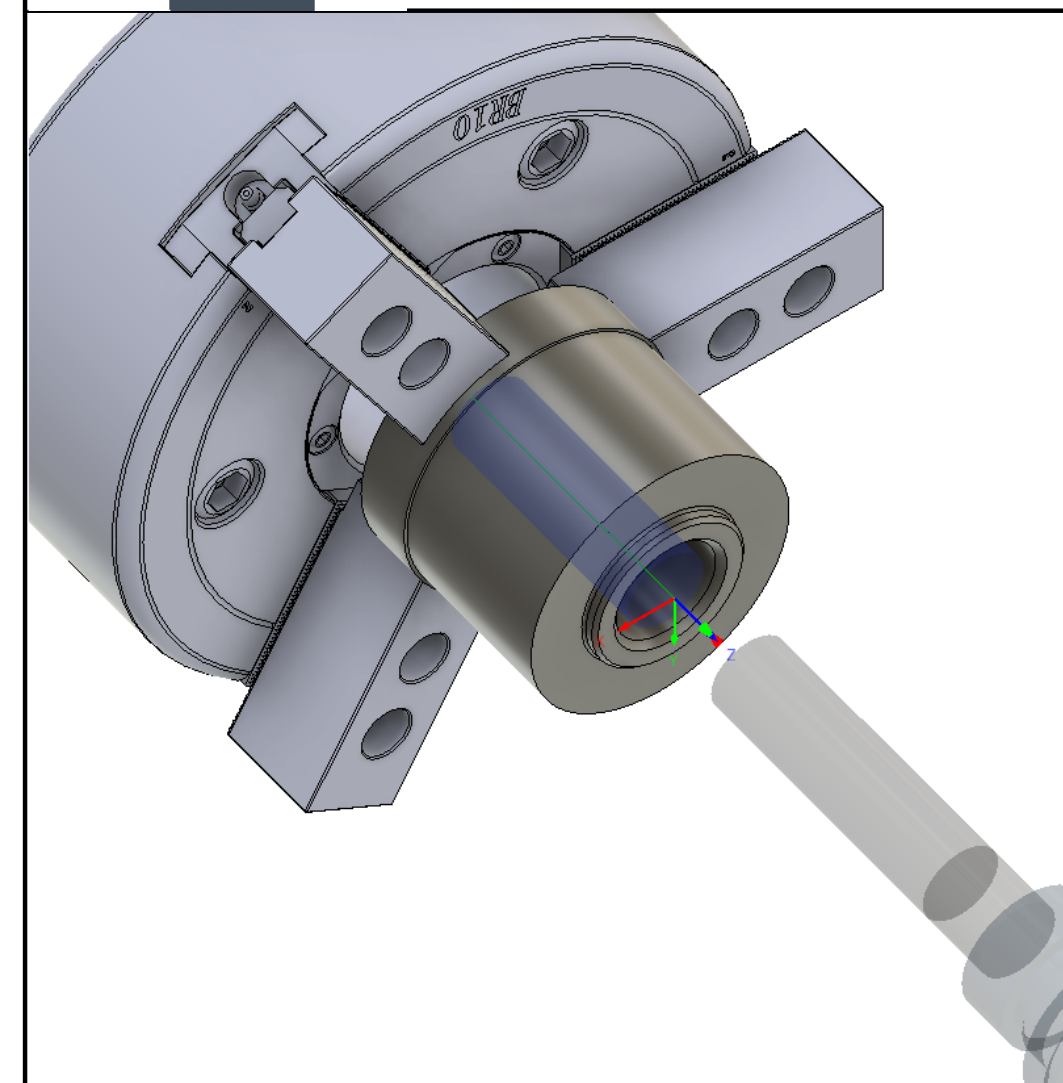
; Profile Roughing2
N83 G95
N84 G97 S229 M3
N85 G0 X125. Z5
N86 G96 S90 M3
N87 LIMS=5000
N88 G0 Z-6.5
N89 X106.
N90 Z-7
N91 X104.
N92 G1 Z-72.35 F0.12
N93 X105.
N94 X107. Z-71.35
N95 G0 Z-7
N96 X103.8
N97 G1 X102.8 F0.12
N98 Z-72.35
N99 X104.
N100 X106. Z-71.35
N101 G0 Z-6.5
N102 X125.
N103 Z5
N104 G97 S229 M3

3) Точіння зовнішньої поверхні



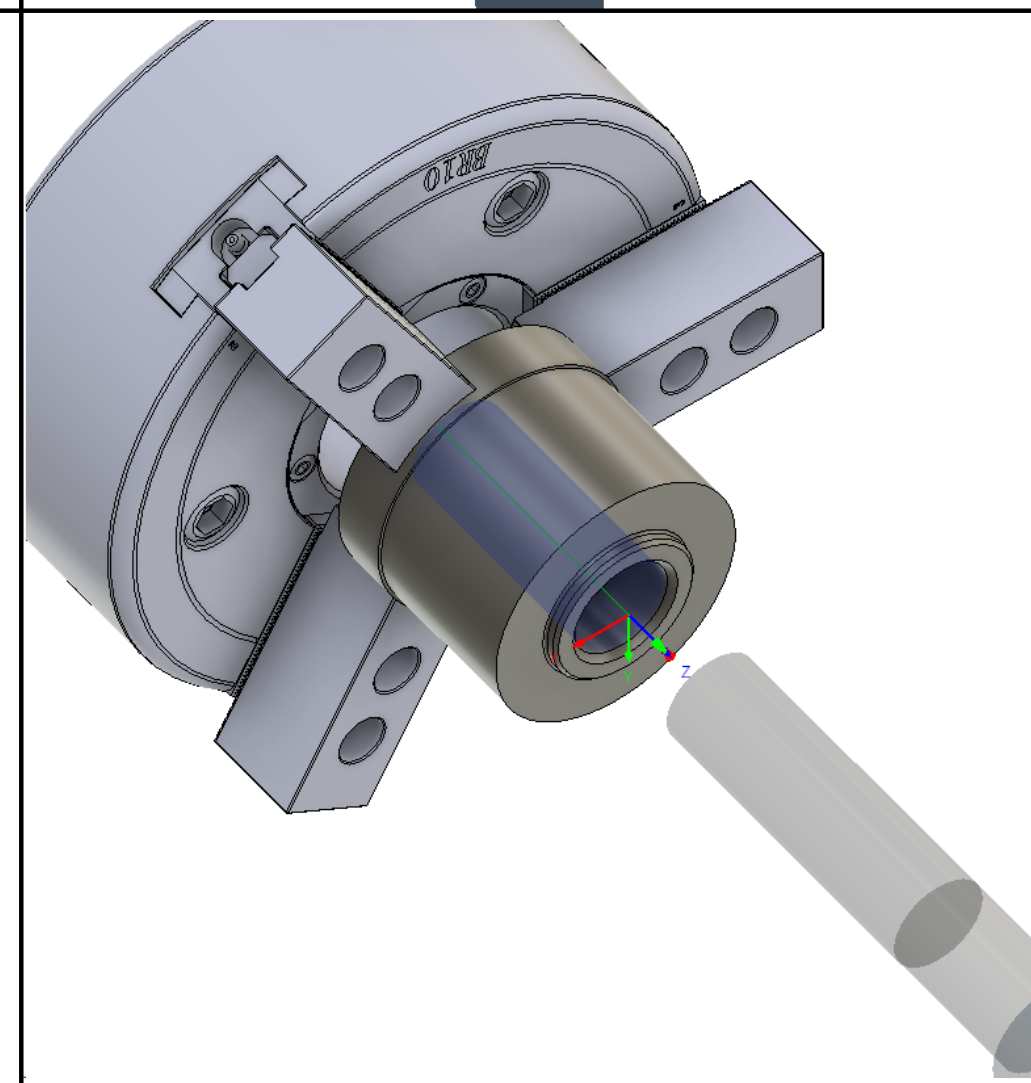
; Profile Finishing1
N105 G95
N106 G97 S242 M3
N107 G0 X125. Z5
N108 G96 S95 M3
N109 LIMS=5000
N110 G0 Z-0.117
N111 X58.339
N112 G1 X57.066 F0.08
N113 Z-2.117
N114 X60.3 Z-3.734
N115 Z-6.9
N116 G2 X615 Z-7.5 I0.6
N117 G1 X102.5
N118 Z-72.5
N119 X104.824
N120 X107.653 Z-71.086
N121 X107.824
N122 G0 X125.
N123 Z5
N124 G97 S242 M3
N125 M9
N126 G53 XO.

4) Точіння по контуру



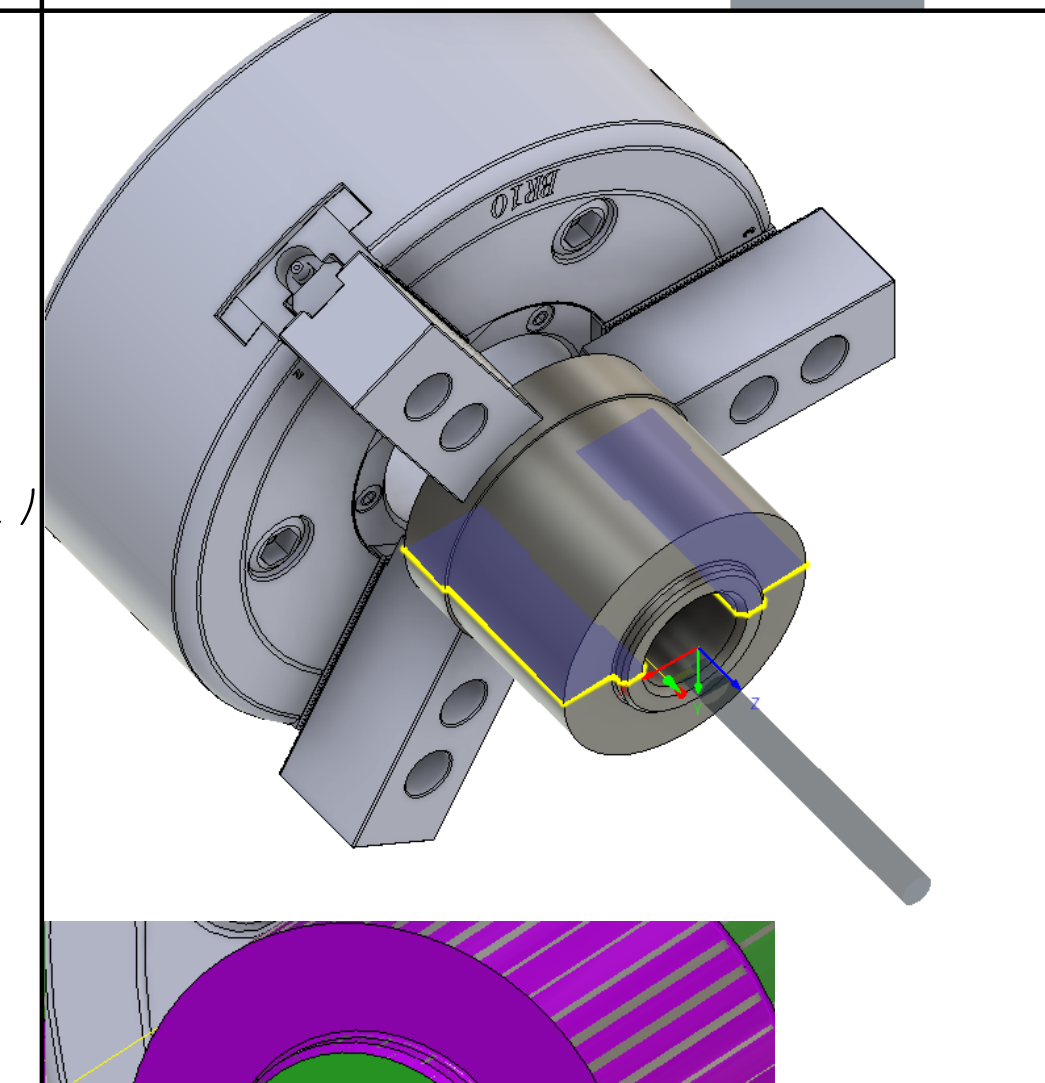
; Drill1
N127 M1
N128 T3 D1
N129 G54
N130 G94
N131 G97 S170 M3
N132 G0 XO. Z15
N133 F43
N134 G0 Z5
N135 Z05
N136 Z-25
N137 G1 Z-12 F43
N138 G0 Z-114
N139 G1 Z-195 F43
N140 G0 Z-18.9
N141 G1 Z-27 F43
N142 G0 Z-26.4
N143 G1 Z-34.5 F43
N144 G0 Z-33.9
N145 G1 Z-42 F43
N146 G0 Z-4.14
N147 G1 Z-49.5 F43
N148 G0 Z-48.9
N149 G1 Z-57 F43
N150 G0 Z-56.4
N151 G1 Z-64.5 F43
N152 G0 Z-63.9
N153 G1 Z-72 F43
N154 G0 Z5
N155 Z-70
N156 G1 Z-79.5 F43
N157 G0 Z-78.9
N158 G1 Z-87 F43
N159 G0 Z-86.4
N160 G1 Z-94.5 F43
N161 G0 Z-93.9
N162 G1 Z-102 F43
N163 G0 Z-101.4
N164 G1 Z-106.013 F43
N165 G0 Z5
N166 Z15
N167 G53 XO.

5) Свердління отвору



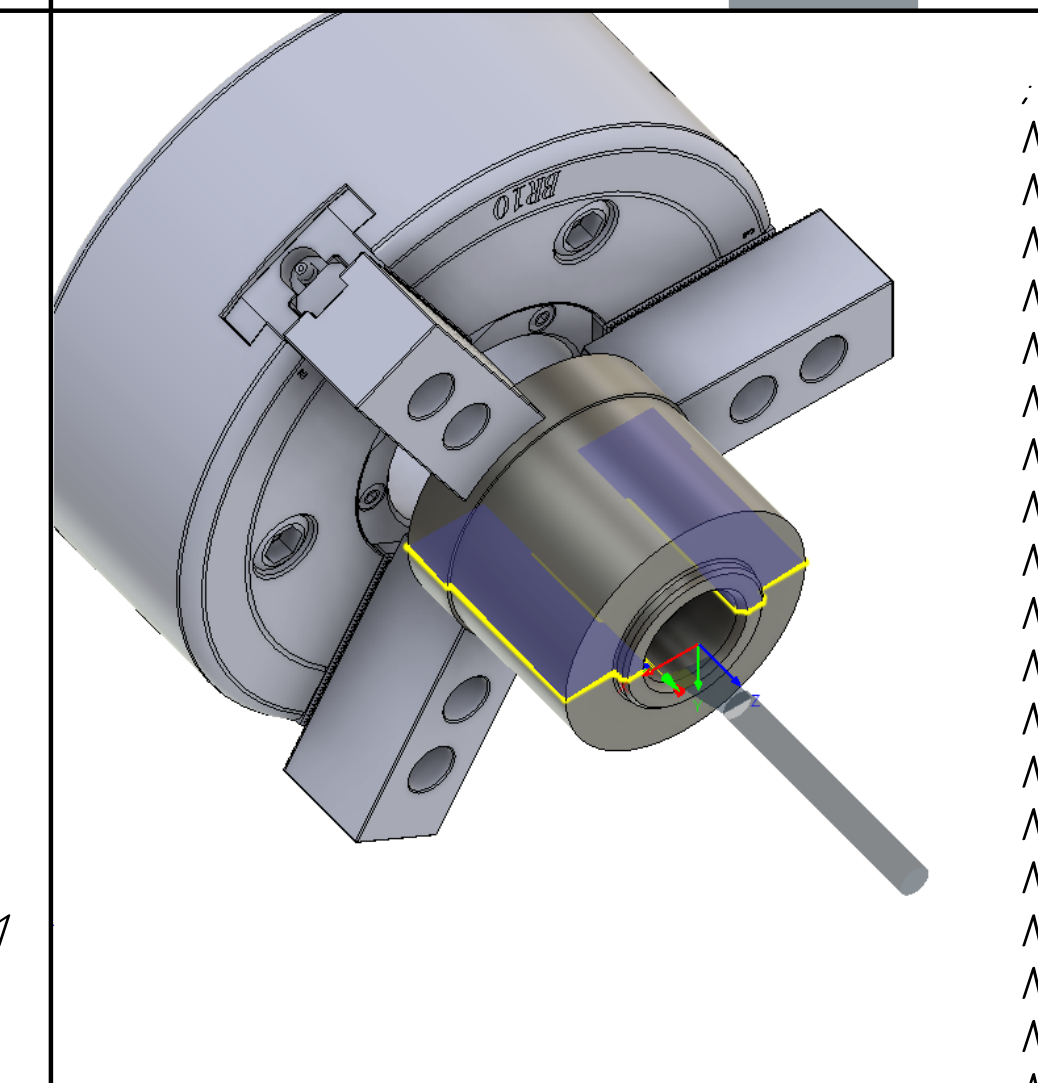
; Drill1 (2)
N168 M1
N169 T4 D1
N170 G54
N171 G94
N172 G97 S200 M3
N173 G0 XO. Z15
N174 F44
N175 CYCLE82(5, -4.5, 5, -108.416, ,)
N176 XO.
N177 G0 Z15
N178 G53 XO.

6) Розсвердління отвору



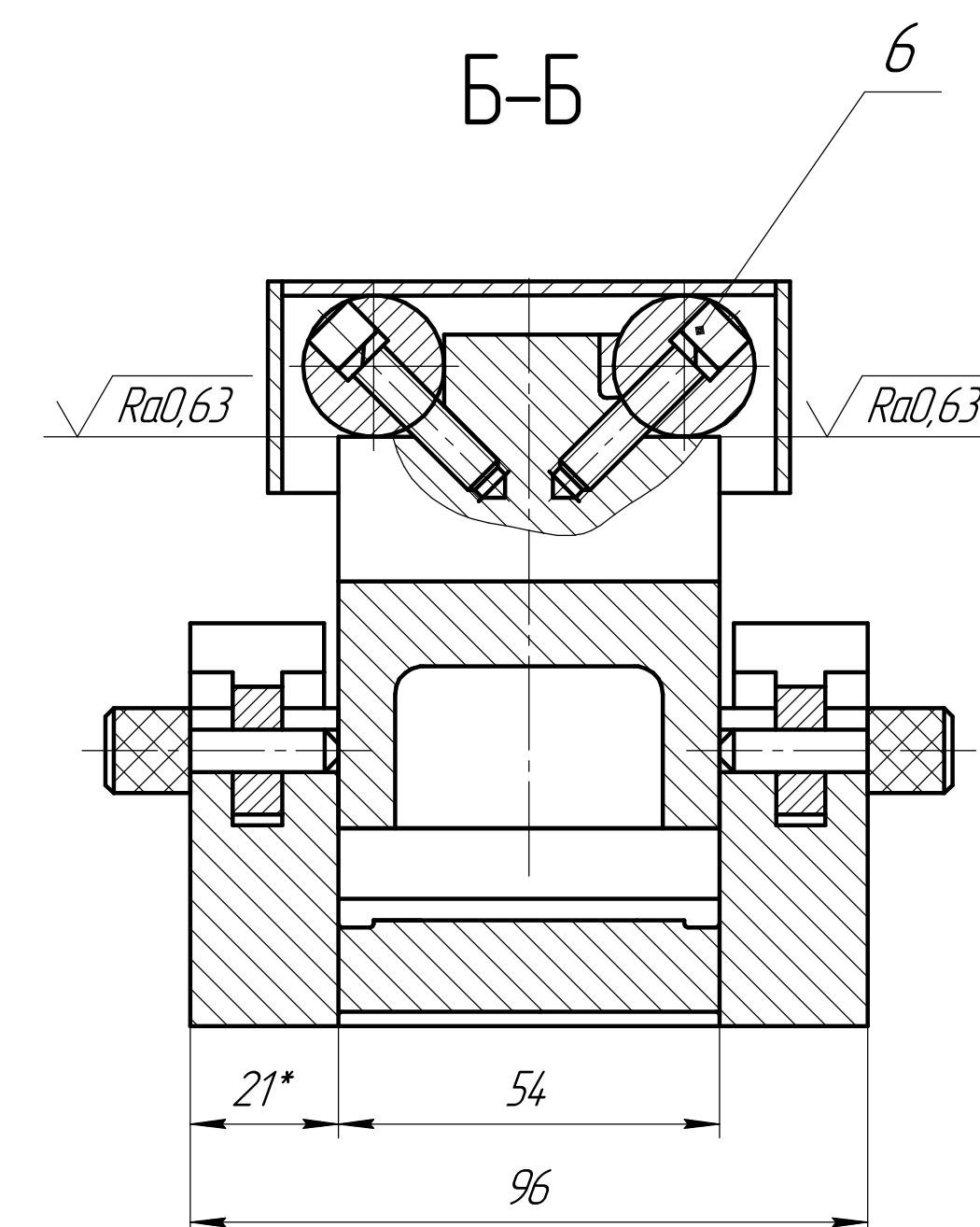
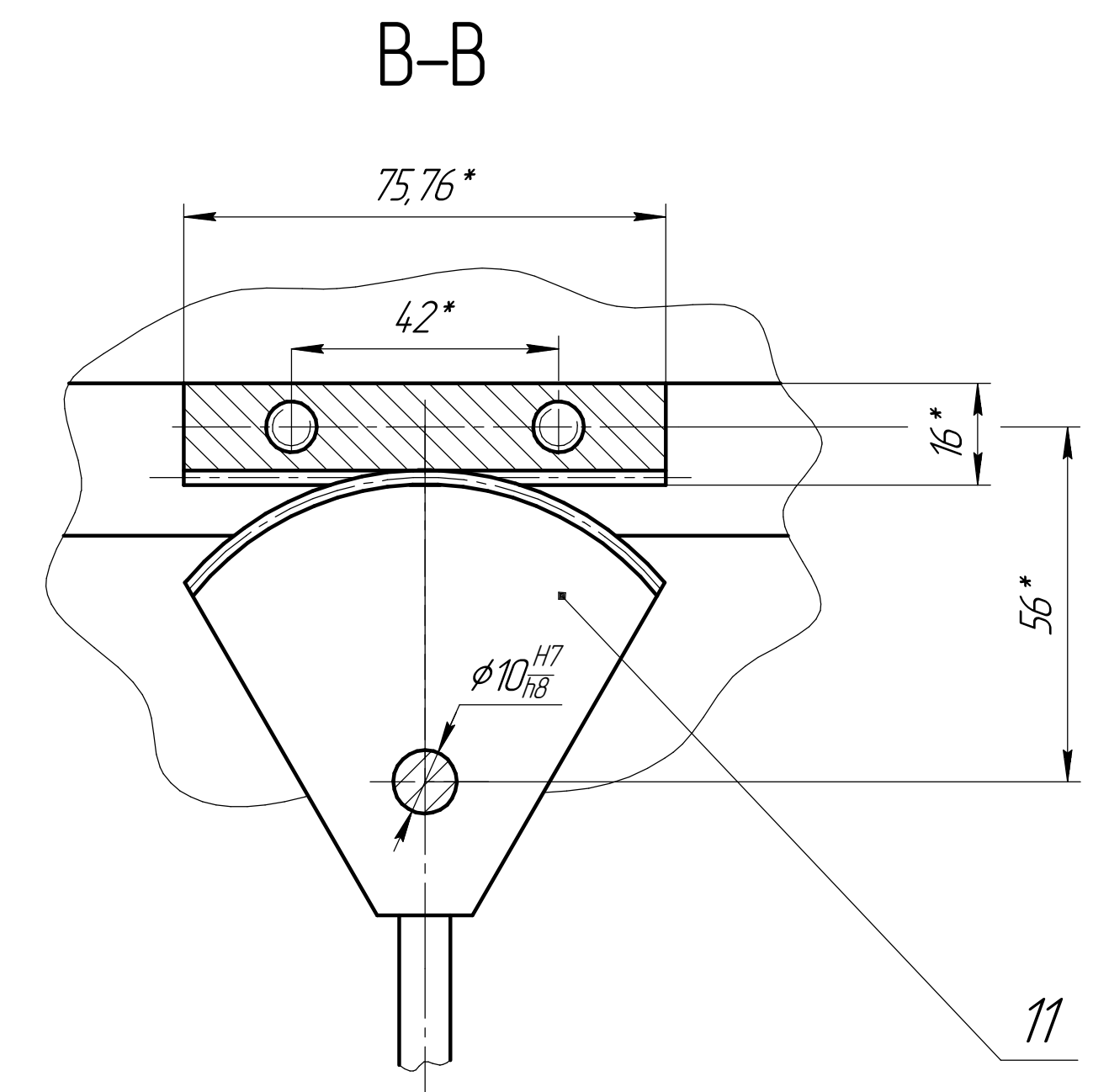
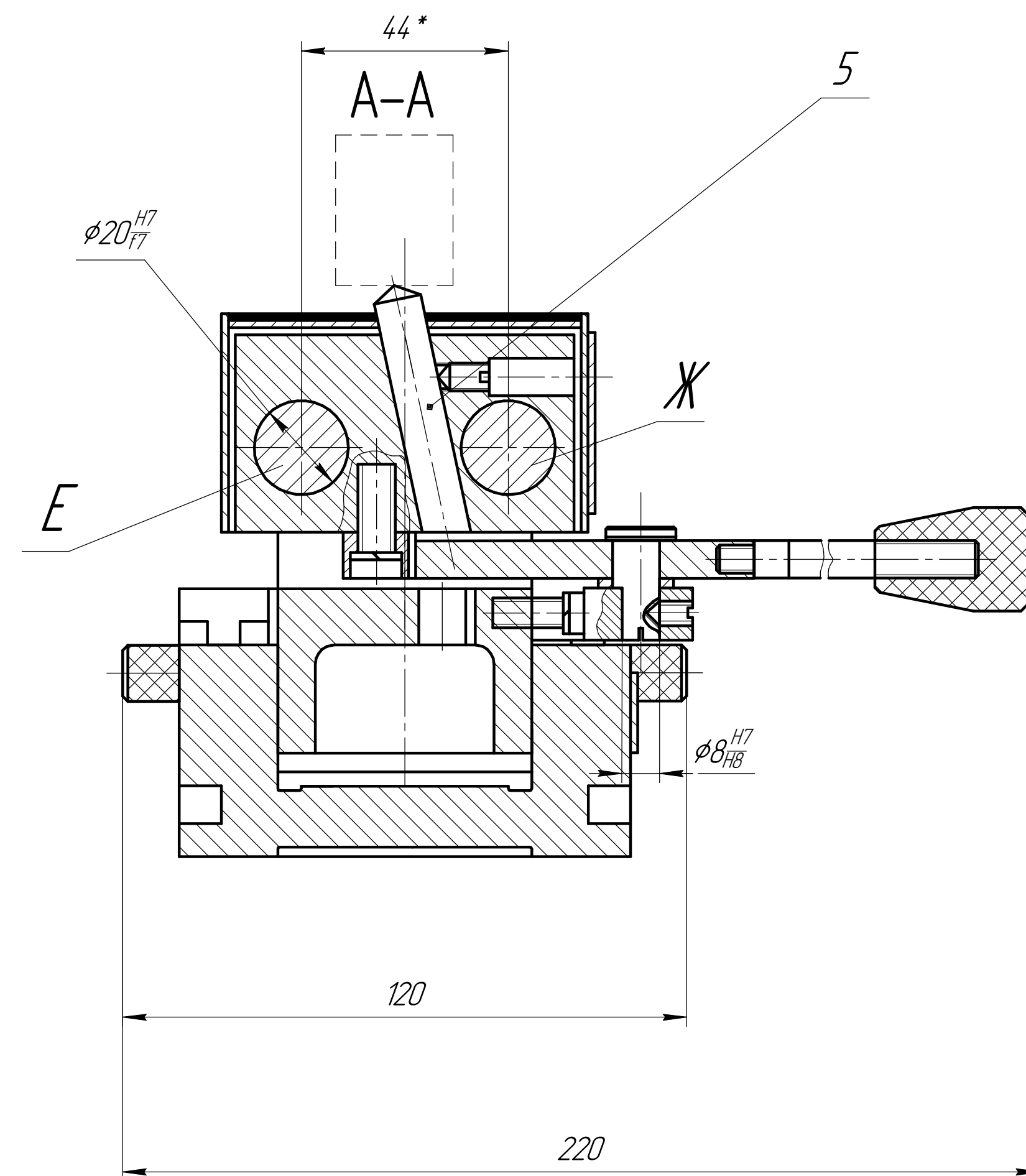
; Profile Finishing4
N179 M1
N180 T5 D1
N181 G54
N182 M8
N183 G95
N184 G97 S796 M3
N185 G0 X36. Z5
N186 G96 S90 M3
N187 LIMS=5000
N188 G0 Z0
N189 X39.277
N190 G1 Z-2 F0.1
N191 X38. Z-2.639
N192 G0 Z0
N193 X39.035
N194 G1 X40.692 F0.1
N195 Z-2
N196 X38. Z-3.346
N197 G0 Z0
N198 X40.449
N199 G1 X42.106 F0.1
N200 Z-2
N201 X38. Z-4.053
N202 G0 Z0
N203 X4.202
N204 G1 X4.352 F0.1
N205 Z-2
N206 X38.7 Z-4.41
N207 Z-95.4
N208 X36.
N209 G0 Z-0.059
N210 X44.817
N211 G1 Z-2.059 F0.1
N212 X39.7 Z-4.617
N213 Z-95.4
N214 X36.872 Z-96.814
N215 X36.
N216 G0 Z5
N217 G97 S796 M3
N218 M9
N219 G53 XO.

7) Розточування отвору



; Groove2
N220 M1
N221 T6 D1
N222 G54
N223 M8
N224 G95
N225 G97 S843 M3
N226 G0 X34. Z5
N227 G96 S90 M3
N228 LIMS=5000
N229 G0 Z-26.001
N230 G1 Z-30.5 F0.1
N231 X40.
N232 Z-66.5
N233 X39.7
N234 X36.872 Z-65.086
N235 X35.998
N236 G0 Z-325
N237 G1 Z-30.5 F0.1
N238 X40.7
N239 Z-31
N240 X41.
N241 Z-67
N242 X39.7
N243 X36.872 Z-65.586
N244 X36.698
N245 G0 Z-325
N246 G1 Z-30.5 F0.1
N247 X36.7
N248 X40.7
N249 X41
N250 G18 G3 X42. Z-31 K-0.5
N251 G1 Z-67
N252 G3 X41 Z-67.5 I-0.5
N253 G1 X39.7
N254 X36.872 Z-66.086
N255 G0 X34.
N256 Z5
N257 G97 S843 M3
N258 M9
N259 G53 XO.
N260 G53 Z0
N261 M30

8) Розточування внутрішньої канавки



1. * Розміри для справок.
2. Різномірність валиків С та Д не більше 0,004мм.
3. Осі валиків С та Д мають лежати в одній площині, допустиме відхилення 0,008 мм.
4. Осі валиків Е та Ж повинні лежати в одній площині, допустиме відхилення 0,004 мм
5. Допуск паралельності валиків С та Д виміряний в горизонтальній площині не більше 0,016мм.
6. Допуск паралельності валиків Е та Ж не більше ніж 0,005мм.
7. Інші технічні вимоги за СТБ 1022-96.

						ДП.МІ-п7106.05.000 СК		
						Пристосування для правки круза під кутом		
Вим./шт.		№ докум.	Позив.	Дата		Лист	Маса	Масштаб
Розроб.		Ковальчук ДМ					58	1:1
Проб.		Миницька НВ						
І.контр.						Лист 1	Листов 1	
Н.контр.						НТУУ «КПІ ім. Євгена Скорського»		
Утв.						ММІ МІ-п71		